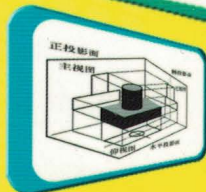
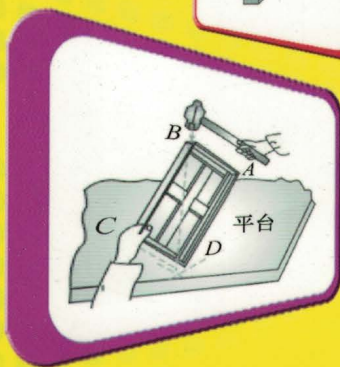
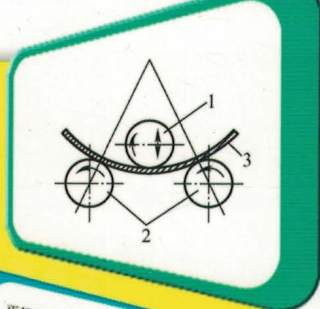


上岗轻松学
SHANG GANG QING SONG XUE



图解

钣金工快速入门

TUJIE BANJINGONG KUAISU RUMEN

- ◆ 线条图、实物图完美结合
- ◆ 知识性、技巧性全面展现
- ◆ 跟着学、对照练轻松上手

梁涛 吕宏 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



上岗轻松学

图解钣金工快速入门

主 编 梁 涛 吕 宏

参 编 李樟兴 龚兰平

主 审 尹子文



机械工业出版社

本书通过大量的照片图、立体图及线条图示例,深入浅出地阐述了初级钣金工所需要的知识和技能,力图使读者在较短的时间内了解和掌握钣金工的操作方法和技巧。本书共分九章,主要内容有冷作钣金工基础知识,冷作钣金工常用工具和量具,划线、放样和展开,冷作钣金下料,冷作钣金成形,冷作钣金装配,冷作钣金连接,冷作钣金矫正和冷作钣金质量检验。

本书在内容上突出实用性和针对性,可作为零起点读者的自学用书,也可作为冷作钣金技术工人的学习读物,还可作为各职业鉴定培训机构的培训用书及各职业院校的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

图解钣金工快速入门/梁涛,吕宏主编. —北京:机械工业出版社, 2014.6

(上岗轻松学)

ISBN 978-7-111-47945-1

I. ①图… II. ①梁…②吕… III. ①钣金工—图解 IV. ①TG38-64

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第210674号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:侯宪国 责任编辑:侯宪国

版式设计:赵颖喆 责任校对:纪敬

封面设计:路恩中 责任印制:乔宇

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2015年4月第1版第1次印刷

169mm×239mm·15.5印张·283千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-47945-1

定价:35.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88361066 机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-68326294 机工官博:weibo.com/cmp1952

010-88379203 金书网:www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

教育服务网:www.cmpedu.com

前言

PREFACE

机械制造是制造业最重要的组成部分之一，它担负着向各行各业提供机械装备的任务。我国现代化建设的发展在很大程度上依赖于机械制造业的发展水平，因此，一个企业不但要有高素质的管理人才和科技人才，更要有高素质的一线技术工人。冷作钣金工是机械制造业中应用广泛、从业人员较多的技术工种，也是最重要的工种之一。因此，对冷作钣金工职业技能的培养尤为重要。

本书是依据最新的《国家职业技能标准冷作钣金工》（2009年修订）中对初级工的要求，主要介绍了冷作钣金工入门人员必须掌握的基础知识和基本技能。本书的理论简单明了，重点突出操作技能与操作要点。操作技能步骤清晰、方法可靠，所有技能均经过实践验证。讲解时穿插一些实际操作中常见的问题、实用技巧和注意事项。

本书的两大特点是“图解”和“快速入门”。“图解”，即通过大量的现场照片图、三维立体图将抽象的知识具体化、形象化；通过线条图将复杂的结构及知识简单化、清晰化，两者进行对照，可以更好地阐述操作过程及相关内容，达到学习的目的，有利于读者的理解应用。

“快速入门”，即书中讲解的冷作钣金工技术知识属于冷作钣金工入门级水平，语言通俗易懂，贴近实际，便于读者掌握操作技能。

本书不仅可作为零起点读者的自学用书，也可作为机械制造企业技术工人的学习读物，还可作为各职业技能鉴定培训机构培训用书和职业技术学院的参考用书。

本书由梁涛、吕宏担任主编，李樟兴、龚兰平参与编写。本书由南车株洲电力机车有限公司技师协会秘书长尹子文、周培植审稿，并得到南车株洲电力机车有限公司工会的大力支持，在此表示衷心的感谢！

因编者水平有限，书中难免有不妥之处，恳请广大读者批评指正！

编者

目 录

CONTENTS

前言

第一章 冷作钣金工基础知识	1
第一节 机械识图基础知识	1
一、正投影法和三视图	1
二、点、直线和平面的投影	4
三、基本几何形体的特征和投影作图	12
四、冷作钣金图样的识读	17
第二节 金属材料基础知识	22
一、钢材的分类	22
二、钢材的质量计算	24
三、有色金属及其合金	25
第三节 冷作钣金专用数学	30
一、常用计量单位和换算	30
二、钣金工常用数学计算	31
第四节 安全文明生产	34
一、现场文明生产要求	34
二、安全操作与劳动保护知识	35
第二章 冷作钣金工常用工具和量具	43
第一节 冷作钣金工常用工具	43
一、工作平台	43
二、划线工具	44
三、成形工具	47
四、切割工具	49
第二节 冷作钣金工常用量具	53

一、通用量具	53
二、专用量具	58
第三章 划线、放样和展开	59
第一节 板厚处理和加工余量	59
一、弯曲中性层	59
二、板厚处理原则	60
三、加工余量的确定	63
四、钢材弯曲料长计算	68
第二节 冷作钣金划线	75
一、划线基准选择	75
二、划线基本规则和常用符号	75
第三节 冷作钣金放样	76
一、常用几何作图方法	76
二、放样基准选择	82
三、放样基本步骤	82
第四节 相贯线	84
一、相贯线的性质	84
二、求相贯线的方法	85
三、两平面立体相交的相贯线	89
四、平面立体与回转体相交的相贯线	90
五、相贯线为平面曲线的条件和作图	91
第五节 冷作钣金展开	93
一、平行线展开法	93
二、三角形展开法	96
三、放射线展开法	98
四、不可展曲面构件的展开	99
第四章 冷作钣金下料	102
第一节 冷作钣金剪切	104
一、剪床的构造和分类	104
二、剪切力的计算和参数的选择	107
三、剪床的操作方法	110

四、剪床的安全使用和维护·····	114
第二节 冷作钣金冲裁·····	116
一、冲裁设备的构造和分类·····	117
二、冲裁力的计算·····	118
三、压力机的操作方法·····	120
四、压力机的安全使用和维护·····	121
第三节 冷作钣金气割·····	124
一、气割的工艺条件·····	125
二、气割的操作方法·····	126
三、气割设备的安全使用和维护·····	127
第四节 等离子弧切割·····	130
一、特点和工艺参数选择·····	130
二、切割操作方法·····	131
三、等离子弧切割设备的安全使用和维护·····	132
第五章 冷作钣金成形·····	136
第一节 手工成形·····	136
一、板料弯曲·····	136
二、型钢弯曲·····	138
三、钢管弯曲·····	138
第二节 机械成形·····	142
一、折弯压力机压弯·····	142
二、卷板机卷弯·····	146
三、弯管机弯管·····	152
第六章 冷作钣金装配·····	156
第一节 装配的三要素和定位原理·····	156
一、装配三要素·····	156
二、定位原理和方法·····	161
三、装配基准的选择·····	167
第二节 装配方法和选择·····	168
一、划线装配法·····	169
二、地样装配法·····	170

三、立装和卧装·····	170
四、胎模装配法·····	172
第三节 典型构件的装配·····	172
一、部件装配法对复杂结构件的必要性·····	173
二、部件装配法的优点·····	173
三、划分部件的原则·····	173
四、装配工装·····	173
五、平面框架的装配·····	174
六、壳体的装配·····	176
七、容器类的装配·····	178
 第七章 冷作钣金连接·····	 181
第一节 焊接·····	181
一、焊条电弧焊·····	181
二、气体保护焊·····	186
第二节 铆接·····	194
一、铆接原理和应用·····	194
二、铆接的连接形式·····	196
三、铆接操作·····	197
第三节 螺纹连接·····	201
一、螺纹连接的结构形式·····	201
二、螺纹连接工艺·····	202
第四节 胀接·····	205
一、胀接原理·····	205
二、胀接连接形式·····	206
三、胀接工具·····	208
四、胀接连接工艺·····	210
五、胀接缺陷分析和补救方法·····	211
 第八章 冷作钣金矫正·····	 213
第一节 手工矫正·····	213
一、反向变形法矫正·····	213
二、锤展伸长法矫正·····	214

三、矩形框的矫正·····	216
第二节 机械矫正·····	216
一、滚板机矫正·····	217
二、压力机矫正·····	218
第三节 火焰矫正·····	220
一、火焰矫正的原理·····	220
二、加热方式和操作方法·····	221
三、火焰矫正的注意事项以及加热位置与温度·····	223
四、新技术·····	224
 第九章 冷作钣金质量检验·····	 227
第一节 常规量具检验 ·····	227
一、线性尺寸的检验·····	227
二、构件形状的检验·····	228
第二节 无损探伤检验·····	229
一、渗透探伤·····	229
二、磁粉探伤·····	231
三、超声探伤·····	235
四、射线探伤·····	236

第一章

冷作钣金工基础知识

第一节 机械识图基础知识

一、正投影法和三视图

1. 投影的基本概念

日常生活中，在灯光或日光照射下，物体在墙面或地面上都会留下影子，这就是投影现象。“影子”只能够概括地反映出物体某个方面的轮廓形状，不能够完全反映出物体表面上的细节和被挡部分。人们经过长期观察和研究，从物体和投影的对应关系中总结出了投影法，即从光源发出的投射线通过物体向选定的面投影，在该面上得到图形的方法，称为投影法。生活中的投影现象如图 1-1 所示。需要指出的是，这里所指的投射线是假想的光线或人的视线。

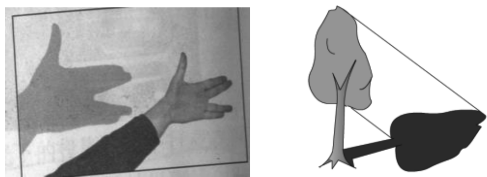


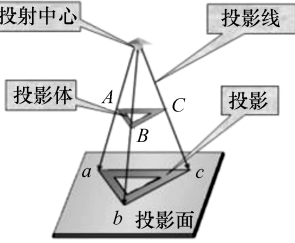
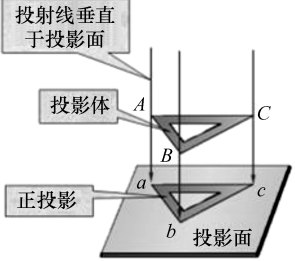
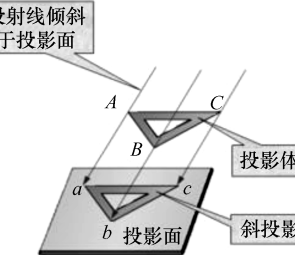
图 1-1 生活中的投影现象

2. 投影法的分类

投影法分为中心投影法和平行投影法。

投射线汇交于一点的投影法，称为中心投影法；假如将投射线中心移至无穷远处，则所有的投射线可看做相互平行的线，这种投射线相互平行的投影法，称为平行投影法。其中平行投影法又以投影线是否垂直于投影面分为正投影法和斜投影法。投影法的分类和特征见表 1-1。

表 1-1 投影法的分类和特征

投影方法	图 片	特 征	应 用
中心投影法		一般不反映形体的真实大小。度量性较差，作图复杂	画透视图
正投影法		投射线互相平行且垂直于投影面	画工程图
斜投影法		投射线互相平行且倾斜于投影面。能准确、完整地表达出形体的形状和结构，且作图简便，度量性较好，立体感较差	画斜轴测图

由于用正投影法得到的投影图能够表达物体的真实形状和大小，绘制方法也较简单，因此正投影法在机械工程制图中得到了普遍应用。

3. 三面投影体系

用正投影法所绘制的物体的图形，称为视图。实际应用中，一个视图不能完整地确定物体的空间形状，要准确地反映物体的空间形状，就要用两个或两个以上的视图。不同形体的相同投影如图 1-2 所示。一般选取三个互相垂直的投影面构成三面投影体系，如图 1-3 所示。

正立位置的投影面称为正投影面，用 V 表示；水平位置的投影面称为水平投影面，用 H 表示；侧立位置的投影面称为侧投影面，用 W 表示。

投影面之间相互垂直的交线称为投影轴。 V 面与 H 面的交线称为 X 轴，代表长度方向； H 面与 W 面的交线称为 Y 轴，代表宽度方向； V 面与 W 面的交线称

为 Z 轴，代表高度方向。三个轴的交点称为原点，用 O 表示。

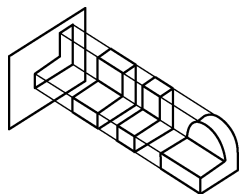


图 1-2 不同形体的相同投影

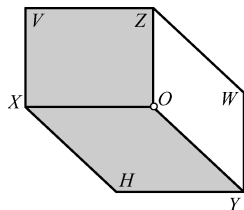


图 1-3 直角三面投影体系

4. 三视图

物体放在三面投影体系之中，由前向后投影，在 V 面上所得到的视图称为主视图；由上向下投影，在 H 面上所得到的视图称为俯视图；由左向右投影，在 W 面上所得到的视图称为左视图。三视图的投影原理如图 1-4 所示。

实际应用中，为了把三个视图画在同一平面上，要把三个投影面展开摊平，其方法是： V 面保持不动， H 面向下向后绕 Ox 轴旋转 90° ， W 面向右向后绕 Oz 轴旋转 90° 。旋转时 Oy 轴被拆分为两处，在 H 面上用 YH 表示，在 W 面上用 YW 表示。在实际制图时，投影轴和投影面的边框线可以不画出。三视图的形成如图 1-5 所示。

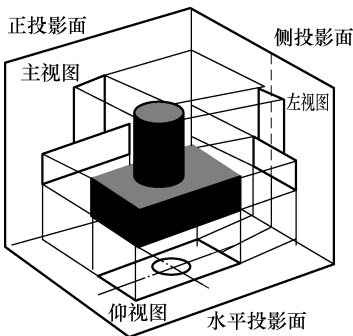


图 1-4 三视图的投影原理

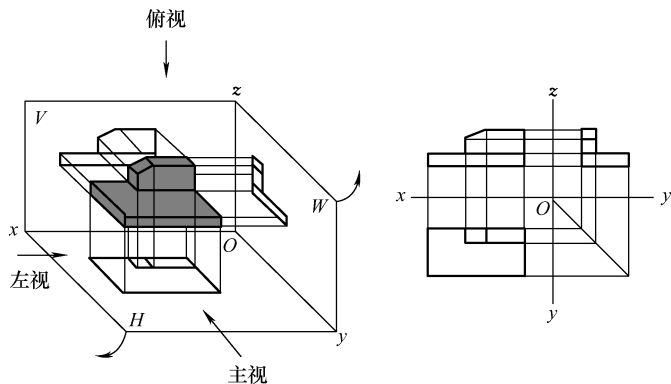


图 1-5 三视图的形成

在三视图中，主视图反映了物体的长度和高度，即上下和左右；俯视图反映了物体的长度和宽度，即前后和左右；左视图反映了物体的高度和宽度，即前后

和上下。因此可以将三视图的投影规律归纳为：主视和俯视长相等且对正；主视和左视高相等且平齐；俯视图和左视宽相等且对应。简单来说，就是“长对正、高平齐和宽相等”。三视图的对应关系如图 1-6 所示。

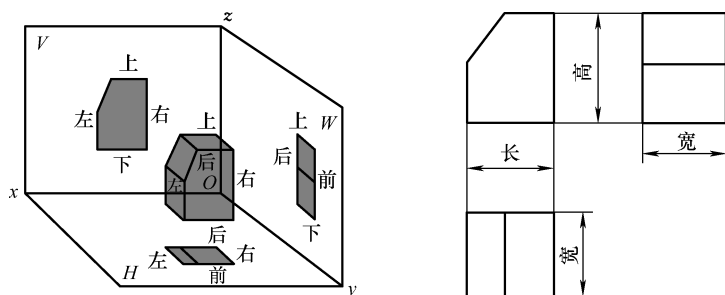


图 1-6 三视图的对应关系

二、点、直线和平面的投影

1. 点的投影

点的投影仍为点。在三面投影体系中，点的三个投影并不是孤立的，而是彼此之间有一定的位置关系，这个关系不因空间点的位置关系改变而改变。点的投影规律为：①点的正面投影和水平投影的连线垂直于 Ox 轴，即 $a'a \perp Ox$ ；②点的正面投影和侧面投影的连线垂直于 Oz 轴，即 $a'a'' \perp Oz$ ；③点的水平投影 a 到 Ox 轴的距离等于侧面投影 a'' 到 Oz 轴的距离，即 $aa_x = a''a_z$ 。点在三视图中的投影如图 1-7 所示。

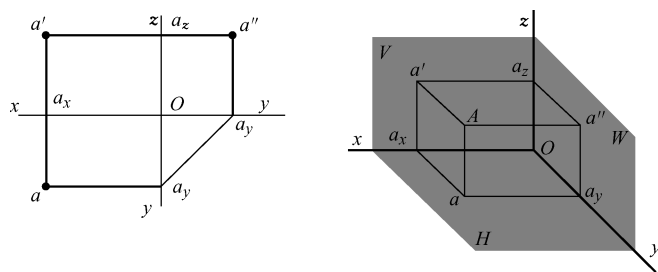


图 1-7 点在三视图中的投影

2. 线和面的投影特性

线和面在三面投影体系中相对投影面而言，有平行、垂直和倾斜三种位置，用正投影法得到的投影分别具有三个特性：真实性、积聚性和类似性。三个特性详见表 1-2。

表 1-2 线在三视图中的投影特性

投影性质	图 片	特 点
真实性		当一线段与投影面平行时，其正投影反映该线段的实际长度。当一平面图形与投影面平行时，其正投影反映该平面图形的实际形状
积聚性		当一线段与投影面垂直时，其正投影积聚为一点。当一平面图形与投影面垂直时其正投影积聚为一直线
类似性		当一线段与投影面成倾斜时，其正投影缩短。当一平面图形与投影面成倾斜时，其正投影为缩小的类似图形

3. 线的投影

(1) 垂直线 投影垂直于某一个投影面的直线，必平行于另两个投影面，称为投影面垂直线。投影面垂直线的投影特征见表 1-3。

表 1-3 投影面垂直线的投影特征

名 称	轴 测 图	投 影 图	投 影 特 性
铅垂线			1) H 面投影积聚为一点 2) $a'b' \perp Ox$, $a''b'' \perp Oy$ 3) $a'b' = a''b'' = AB$

(续)

名 称	轴 测 图	投 影 图	投影特性
正垂线			1) V 面投影积聚为一点 2) $ab \perp Ox$, $a''b'' \perp Oz$ 3) $ab = a''b'' = AB$
侧垂线			1) W 面投影积聚为一点 2) $ab \perp Oy$, $a'b' \perp Oz$ 3) $ab = a'b' = AB$

(2) 平行线 投影平行于某一个投影面，而倾斜于另外两个投影面的直线，称为投影面平行线。投影面平行线的投影特征见表 1-4。

表 1-4 投影面平行线的投影特征

名 称	轴 测 图	投 影 图	投影特性
水平线			1) $a'b' \parallel Ox$, $a''b'' \parallel Oy$ 2) $ab = AB$ 3) 反映 β、γ 夹角
正平线			1) $ab \parallel Ox$, $a''b'' \parallel Oz$ 2) $a'b' = AB$ 3) 反映 α、γ 夹角

(续)

名 称	轴 测 图	投 影 图	投影特性
侧平线			1) $a'b' // Oz, ab // Oy$ 2) $a''b'' = AB$ 3) 反映 α 、 β 夹角

(3) 一般位置直线 投影倾斜于所有投影面的直线，称为一般位置直线。它的投影特性如图 1-8 所示，三个投影都缩短了，即都不反映空间线段的实长及与三个投影面夹角，且与三根投影轴都倾斜。

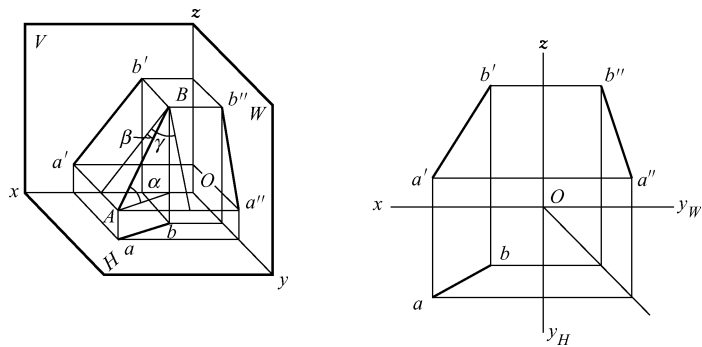


图 1-8 一般位置直线的投影

一般位置直线在三个投影面的投影均不反映实长，求实长的方法有三种：直角三角形法、旋转法和换面法。

直角三角形法作图原理：作一直角三角形，令其中的一条直角边的边长等于线段在投影面上的投影长，另一条直角边的边长等于线段在同一投影面上两 endpoints 之间的坐标差，此直角三角形的斜边就是线段的实长。

如图 1-9 所示，线段 AB 为一般位置直线，其主视图投影 $a'b'$ 两端点坐标差为 H_1 ；在直线俯视图投影 ab 的端点 b 点作垂线，并在垂线截取主视图坐标差 H_1 ，与 a 点连接后的斜边即为实长。

旋转法是让空间直线绕轴线旋转，来改变直线对于投影面的相对位置，以达

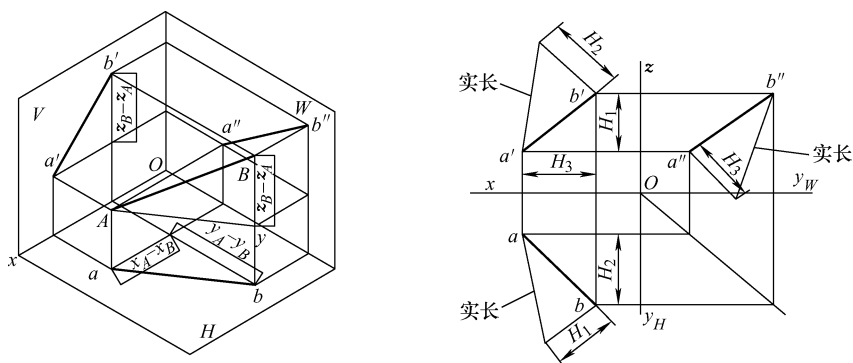


图 1-9 直角三角形法求线段实长

到求取线段实长的目的。用旋转法求线段实长时，应注意两点：①线段旋转后应平行于投影面；②旋转轴必须经过线段的一个端点。

如图 1-10 所示，线段 AB 为一般位置直线，以俯视图 a 点为圆心，线段 ab 旋转至与 Ox 轴平行， b 向上投影，与主视图过 b' 的水平线相交，交点与 a' 的连线即为实长。

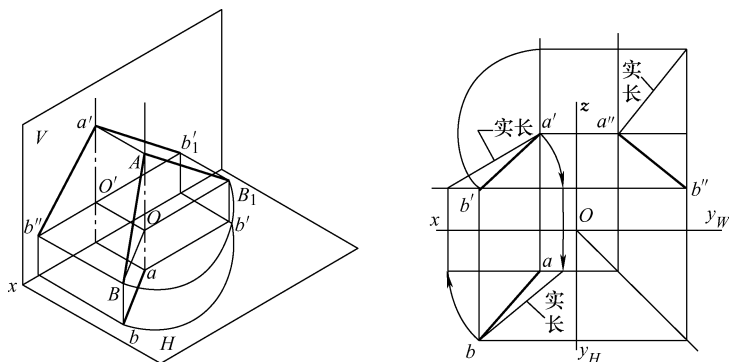


图 1-10 旋转法求线段实长

换面法求线段实长是根据只有当直线平行于投影面时才能在该投影面上反映实长这一规律，在处于一般位置的直线旁边新设一个投影面来替换原来的某一投影面，新设的投影面与空间直线相平行。这样，原来的一般位置直线也就成了这个新设投影面的平行线，它在该面上的投影也就反映了线段的实长。

如图 1-11 所示，线段 AB 为一般位置直线，过线段主视图投影的端点分别作垂线，在过 a' 的垂线上截取长度等于俯视图 a 点距 Ox 的距离 H_2 ，在过 b' 的垂线

上截取长度等于俯视图 b 点距 O_x 的距离 H_1 ，两截点的连线即为线段实长。

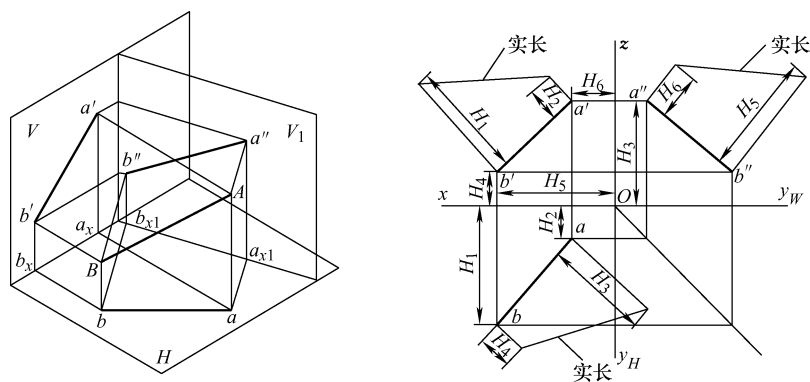


图 1-11 换面法求线段实长

4. 面的投影

(1) 垂直面 垂直于某一投影面，倾斜于另两个投影面的平面称为投影面垂直面。其投影特征见表 1-5。

表 1-5 投影面垂直面的投影特征

名 称	轴 测 图	投 影 图	投 影 特 性
铅垂面			1) H 面投影有积聚性 2) H 面投影与 O_x 、 O_y 轴夹角反映对 V 、 W 面的真实夹角 β 、 γ 3) V 、 W 面投影仍为平面图形，但形状缩小
正垂面			1) V 面投影有积聚性 2) V 面投影与 O_x 、 O_z 轴夹角反映对 H 、 W 面的真实夹角 α 、 γ 3) H 、 W 面投影仍为平面图形，但形状缩小

(续)

名 称	轴 测 图	投 影 图	投 影 特 性
侧垂面			1) W 面投影有积聚性 2) W 面投影与 Oy 、 Oz 轴夹角反映对 H 、 V 面的真实夹角 α 、 β 3) V 、 H 面投影仍为平面图形, 但形状缩小

投影面垂直面求实形的方法有两种, 分别是换面法和旋转法。

1) 换面法求实形。如图 1-12 所示, 三角形在主视图投影 $a'c'b'$ 积聚为一条直线, 设新的投影面 O_1-x_1 与 $a'c'b'$ 平行; 过 a' 、 c' 、 b' 各点分别作垂线, 在垂线上截取 b'' 到 O_1-x_1 距离 H_1 等于三角形俯视图投影 b 到 Ox 距离, 依此方法分别求得 a'' 和 c'' 。连接 a'' 、 b'' 和 c'' 三点即得三角形实形。

2) 旋转法求实形。如图 1-13 所示, 三角形在主视图投影 $a'c'b'$ 集聚为一条直线, 以 b' 为圆心旋转主视图得三角形水平投影 $a''c''b'$ 。过 a'' 、 c'' 向下作垂线, 与过三角形的俯视图投影 abc 中的 a 、 c 点所作的水平线相交, 得 a_1 和 c_1 两点, 连接 a_1 、 b 和 c_1 三点即得三角形实形。

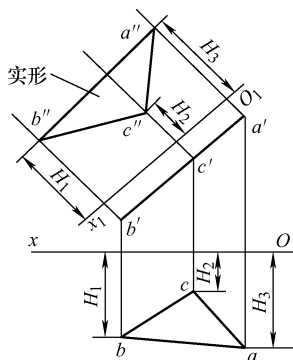


图 1-12 换面法求投影面垂直面实形

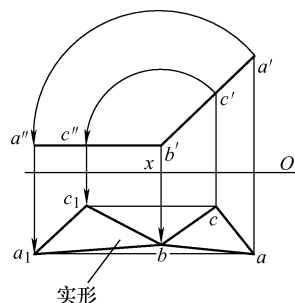


图 1-13 旋转法求投影面垂直面实形

(2) 平行面 平行于某一投影面, 垂直于另两个投影面的平面称为投影面平行面。其投影特征见表 1-6。

表 1-6 投影面平行面的投影特征

名 称	轴 测 图	投 影 图	投 影 特 性
水平面			1) V 面投影有积聚性, 且平行于 Ox 2) W 面投影有积聚性, 且平行于 Oy 3) H 面投影反映实形
正平面			1) H 面投影有积聚性, 且平行于 Ox 2) W 面投影有积聚性, 且平行于 Oz 3) V 面投影反映实形
侧平面			1) V 面投影有积聚性, 且平行于 Oz 2) H 面投影有积聚性, 且平行于 Oy 3) W 面投影反映实形

(3) 一般位置平面 与三个投影面即不垂直也不平行的平面称为一般位置平面。如图 1-14 所示, 其投影均是比实物缩小的类似投影。

一般位置平面求实形的方法有两种, 即换面法和旋转法。

1) 换面法求实形。如图 1-15 所示, 过三角形主视图投影 $a'b'c'$ 中 b' 点作水平线 $b'k'$, k' 点向下投影得 $b'k'$ 俯视图投影 bk ; 新设投影面 O_1-x_1 垂直于 bk , 得三角形积聚投影 $a''k''c''$; 再新设投影面 O_2-x_2 平行于 $a''k''c''$, 得三角形实形 $a_1b_1c_1$ 。

2) 旋转法求实形。如图 1-16 所示, 过三角形主视图投影 $a'b'c'$ 中 b' 点作水

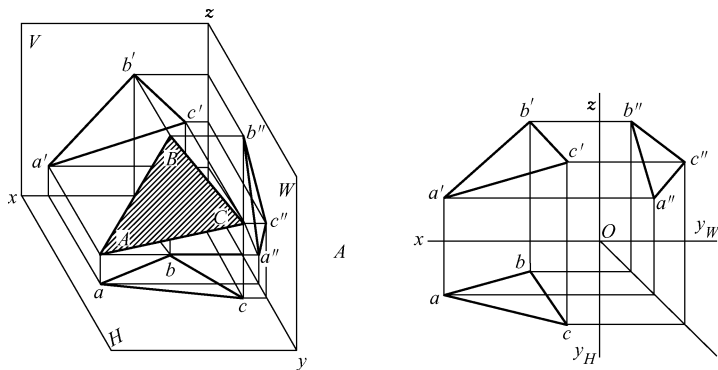


图 1-14 一般位置平面的投影

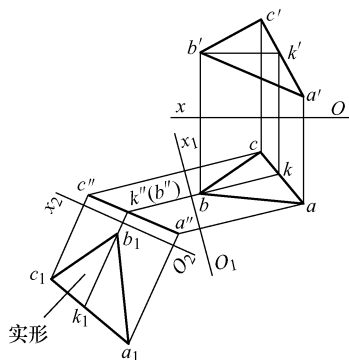


图 1-15 换面法求一般位置平面实形

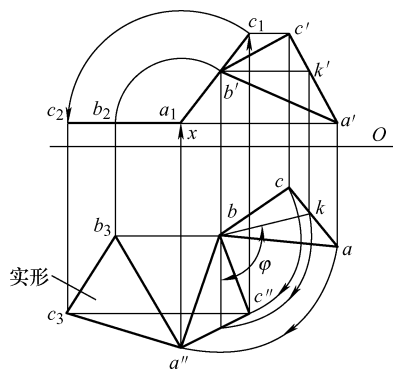
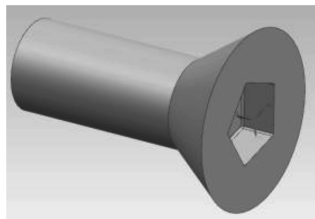


图 1-16 旋转法求一般位置平面实形

平线 $b'k'$, k' 点向下投影得 $b'k'$ 俯视图投影 bk ; 以 b 为圆心, 将 bk 旋转至垂直于 Ox 位置, 旋转角度为 φ , 分别将 bc 、 ba 旋转相同角度, 得三角形水平投影 $a''b''c''$, 向主视图投影得 $a_1b_1c_1$ 。以 b' 为圆心旋转主视图得三角形水平投影 $a_1b_1c_1$ 。过 b_2 、 c_2 向下作垂线, 与过三角形的俯视图投影 $a''b''c''$ 中的 b 、 c'' 点的所作的水平线相交, 得 b_3 和 c_3 两点, 连接 a'' 、 b_3 和 c_3 三点即得三角形实形。

三、基本几何形体的特征和投影作图

在生产中, 人们所看到的许多形状各异的零件, 都是由一些基本几何体经过切割、相交和组合而形成的。如图 1-17 所示的沉头螺栓坯体就是由圆柱体和圆锥体组成的, 在圆锥体底部开了一个五边形的沉孔。



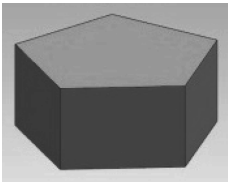
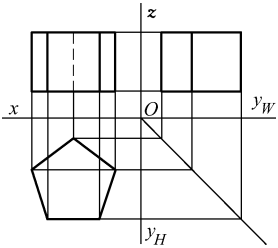
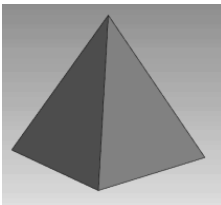
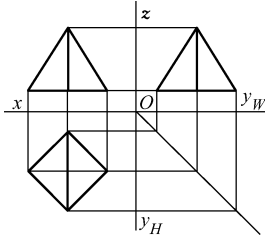
基本几何体可以分为平面立体和曲面立体两 图 1-17 沉头螺栓坯体立体图

大类。

1. 平面立体

表面由平面围成的立体称为平面立体。常见的平面立体有棱柱和棱锥。其投影特征见表 1-7。

表 1-7 常见平面立体

名 称	立 体 图	三 视 图
正五棱柱		
正四棱锥		

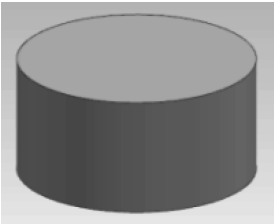
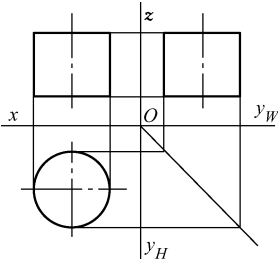
2. 曲面立体

由曲面或由曲面与平面围成的立体称为曲面立体。

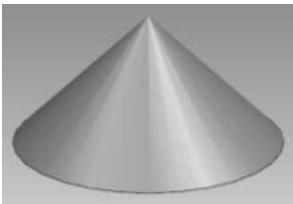
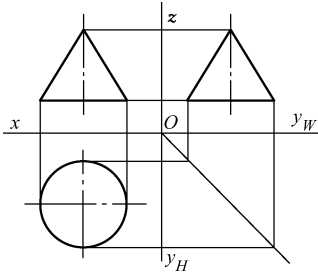
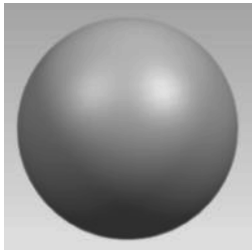
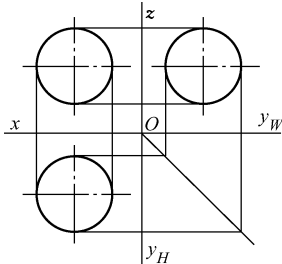
由直线或曲线绕一定轴旋转面成的面，称为回转面。这一定轴称为回转轴。由回转面或回转面与平面围成的立体，称为回转体。

常见的回转体有圆柱、圆锥和圆球，其投影特征见表 1-8。

表 1-8 常见回转体

名 称	立 体 图	三 视 图
圆柱		

(续)

名 称	立 体 图	三 视 图
正圆锥		
圆球		

3. 截交线

用平面切割立体所得的表面交线称为截交线，切割立体的平面称为截平面，由截交所围成的平面称为截断面。不论是平面立体还是曲面立体被截切，所得的截交线都具有两个基本特征：截交线是截平面和立体表面的共有线；截交线是由封闭的直线或曲线所围成的平面图形。由于每一条直线或曲线是由无数个点组成的，所以求截交线的实质就是求截平面与立体表面的共有点。

(1) 平面与平面立体相交 平面与平面立体相交，其截断面是由呈直线状的截交所组成的平面多边形。

图 1-18 所示为正五棱柱被截平面斜切，如图 1-18b 所示，其截交线在 V 面积

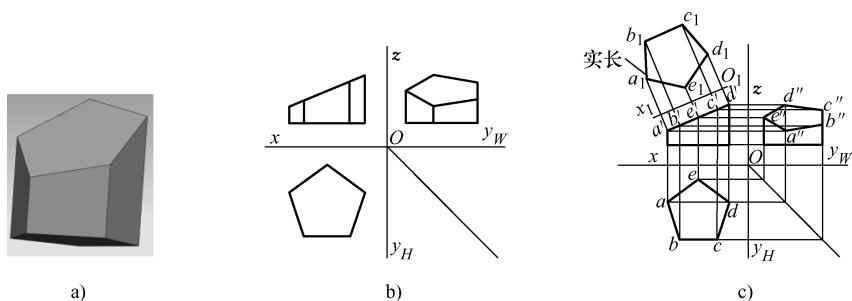


图 1-18 正五棱柱台

聚为直线，在 H 面投影为正五边形，在 W 面投影为由五条边围成的多边形。如图 1-18c 所示，其截断面实形 $a_1b_1c_1d_1e_1$ 通过一次换面求出。

(2) 平面与曲面立体相交 平面与曲面立体相交，其截断面是由平面曲线或直线和曲线组成的平面图形。其投影特征见表 1-9 和表 1-10。

表 1-9 平面与正圆柱的截交线

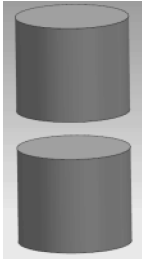
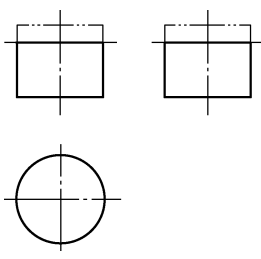
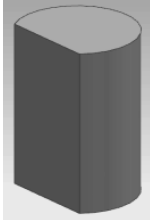
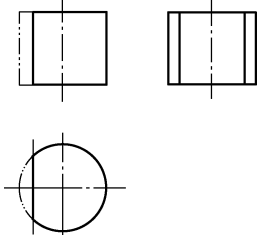
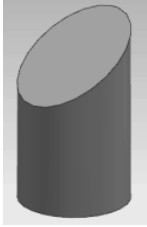
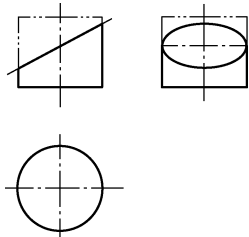
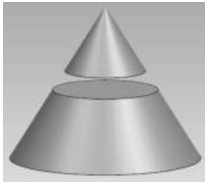
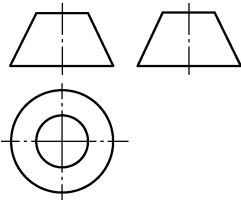
截平面与轴线的位置关系	立 体 图	投 影 图	截交线的形状
截平面垂直于轴线			在 H 面投影为圆，且反映实形。 V 面和 W 面积聚为直线
截平面平行于轴线			在 W 面投影为正多边形，且反映实形； V 面和 H 面投影积聚为直线
截平面倾斜于轴线，并与所有的素线相交			在 V 面投影积聚为直线， W 面投影为椭圆， H 面投影为圆，均不反映实形

表 1-10 平面与正圆锥的截交线

截平面与轴线的位置关系	立 体 图	投 影 图	截交线的形状
截平面垂直于轴线			在 H 面投影为圆，且反映实形。 V 面和 W 面积聚为直线

(续)

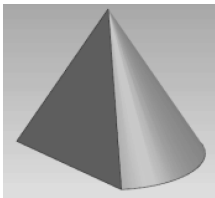
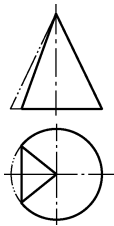
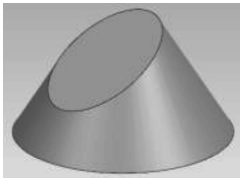
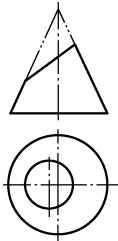
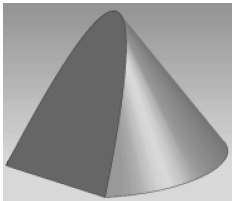
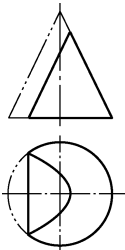
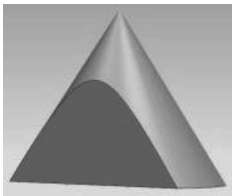
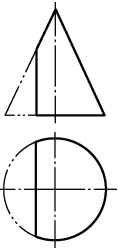
截平面与轴线的位置关系	立体图	投影图	截交线的形状
截平面通过锥顶			在 W 面和 H 面投影为三角形； V 面积聚为直线
截平面倾斜于轴线，并与所有的素线相交			在 V 面投影积聚为直线， H 面和 W 面投影为椭圆
截平面倾斜于轴线，并与某一条素线平行			在 V 面投影积聚为直线， H 面和 W 面投影为双曲线
截平面平行于轴线			在 V 面和 H 面投影积聚为直线， W 面投影为抛物线

图 1-19 所示为斜圆锥被截平面斜切。如图 1-19b 所示，其截交线在 V 面积聚为直线，在 H 面和 W 面投影均为椭圆形。如图 1-19c 所示，其截断面实形通过一次换面求出。

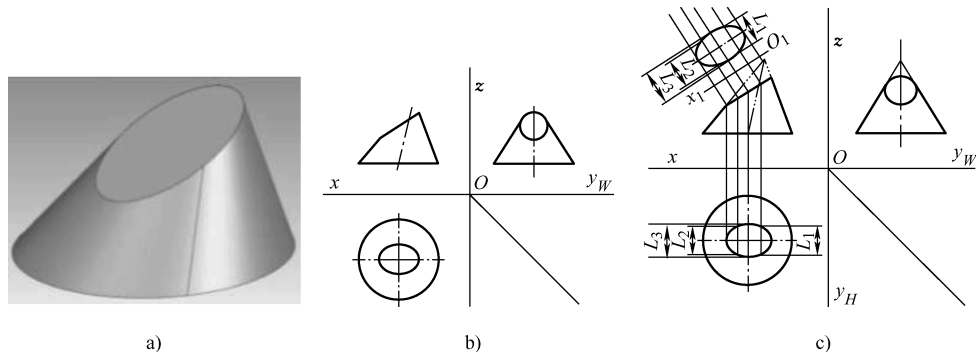


图 1-19 斜圆锥台

四、冷作钣金图样的识读

下面以图 1-20 所示的小部件存放转运工装为例说明读图的方法和步骤。

1. 概括了解

从标题栏了解部件的名称，从明细栏了解零件名称和数量、材料以及标准件的规格、代号等，并在视图中找出相应零件的所在位置，大致阅读一下所有视图、尺寸和技术要求，这样便对部件的整体情况有一概括了解，为下一步工作打下基础。在可能的条件下，可参考产品说明书等资料，从中了解部件的用途、性能和工作原理等信息。

- 1) 看标题栏并参阅有关资料，了解产品的名称、用途及使用性能。
- 2) 看零件编号和明细栏，了解零配件的名称、数量及其在图中的位置。
- 3) 分析视图，从主视图入手，分析各个视图间的投影关系、所采用的表达方法、表达的主要内容及剖视图剖切位置等。

2. 工艺分析

从图中可看出，波纹板存放工装由件 1、件 3 和件 6 组成基本框架，在主框架下有件 7（支撑脚）。材料均为 $100\text{mm} \times 100\text{mm} \times 5\text{mm}$ 的方形钢管。由 4 根件 7 组成的工装支撑脚，装配后要求平面度公差为 0.6mm 。方管之间的连接焊缝参照图样右上角“技术要求”序 1 要求执行。

在件 3 上部装有件 8 和件 2，件 8（封板）与件 3 连接焊缝要求参照图样右上角“技术要求”序 1 要求执行。件 2 参照图样右上角“技术要求”序 6 要求选用。

在两根件 1 之间，装配了 6 根与件 6 平行的件 4（ $70\text{mm} \times 70\text{mm} \times 7\text{mm}$ 等边角钢），件 4 与件 1 上表面装配平齐，左右对称分布在中心线两侧，装配间距为 450mm 。件 3 与件 1 连接焊缝要求参照图样右上角“技术要求”序 1 要求执行。

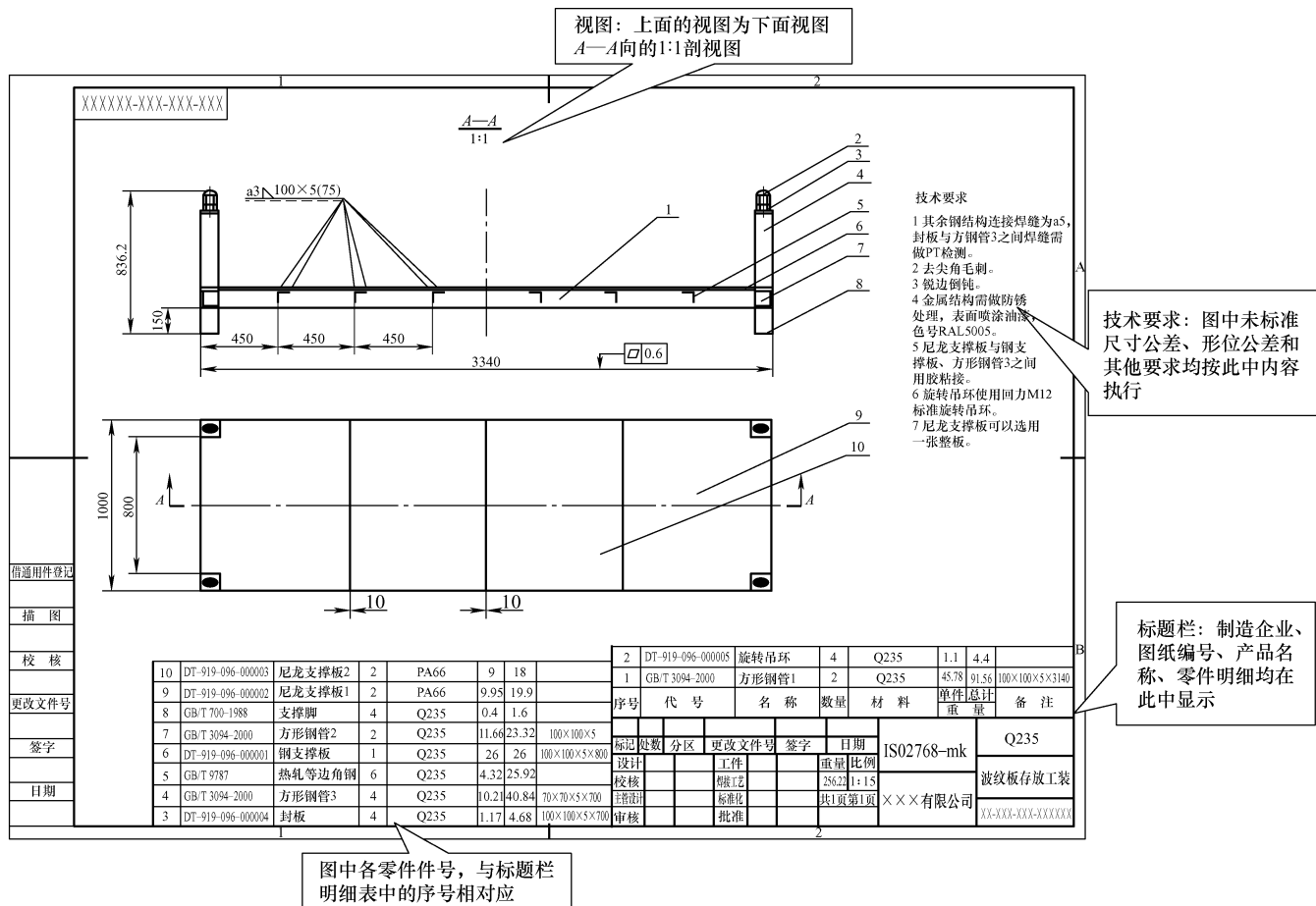


图1-20 图样区域介绍

在件4上铺有件5（钢支撑板），件5由Q235钢板制成，每根件4与件5由5段100mm长的角焊缝连接，角焊缝间距为75mm，焊脚高度为3mm。

在件5上铺有尼龙支撑板件9、件10各两块，件9和件10装配间隙为10mm。根据“技术要求”序7所示，尼龙支撑板可选用一整张。与件5连接参照图样右上角“技术要求”序7要求采用粘接。

根据图样右上角“技术要求”说明，所有钢质配件表面和断口都要去飞边和倒角，清除锈蚀后喷涂防锈漆。

3. 机械制图常用符号

(1) 常用几何公差符号 任何零件都是由点、线、面构成的，这些点、线、面称为要素。机械加工后零件的实际要素相对于理想要素总有误差，包括形状误差和位置误差。这类误差影响机械产品的功能，设计时应规定相应的公差并按规定的标准符号标注在图样上。常用几何公差符号及其含义见表1-11。

表 1-11 常用几何公差符号及其含义

公 差		项 目	符 号	有 无 基 准	含 义
形状	形状	直线度		无	是限制实际直线对理想直线直与不直的一项指标
		平面度		无	是限制实际平面对理想平面变动量的一项指标。它是针对平面发生不平而提出的要求
		圆度		无	是限制实际圆对理想圆变动量的一项指标。它是对具有圆柱面（包括圆锥面、球面）的零件，在一正截面（与轴线垂直的面）内的圆形轮廓要求
		圆柱度		无	是限制实际圆柱面对理想圆柱面变动量的一项指标。它控制了圆柱体横截面和轴截面内的各项形状误差，如圆度、素线直线度、轴线直线度等。圆柱度是圆柱体各项形状误差的综合指标
位置	定向	平行度		有	用来控制零件上被测要素（平面或直线）相对于基准要素（平面或直线）的方向偏离零度的要求，即要求被测要素对基准等距
		垂直度		有	用来控制零件上被测要素（平面或直线）相对于基准要素（平面或直线）的方向偏离90°的要求，即要求被测要素对基准成90°
		倾斜度		有	用来控制零件上被测要素（平面或直线）相对于基准要素（平面或直线）的方向偏离某一给定角度（0~90°）的程度，即要求被测要素对基准成一定角度（除90°外）

(续)

公 差	项 目	符 号	有 无 基 准	含 义
位置	位置度		有或无	用来控制被测实际要素相对于其理想位置的变动量，其理想位置由基准和理论正确尺寸确定
	同轴 (同心) 度		有	用来控制理论上应该同轴的被测轴线与基准轴线的不同轴程度
	对称度		有	一般用来控制理论上要求共面的被测要素 (中心平面、中心线或轴线) 与基准要素 (中心平面、中心线或轴线) 的不重合程度
形状或位置	线轮廓度		有或无	是限制实际曲线对理想曲线变动量的一项指标。它是对非圆曲线的形状精度要求
	面轮廓度		有或无	是限制实际曲面对理想曲面变动量的一项指标。它是对曲面的形状精度要求

如图 1-21a 所示，在工件上平面标注有直线度公差符号。标注含义为：被测表面投影后为一接近直线的“波浪线”（图 1-21b），该“波浪线”的变化范围应该在距离为公差值 t ($t=0.1\text{mm}$) 的两平行直线之间。

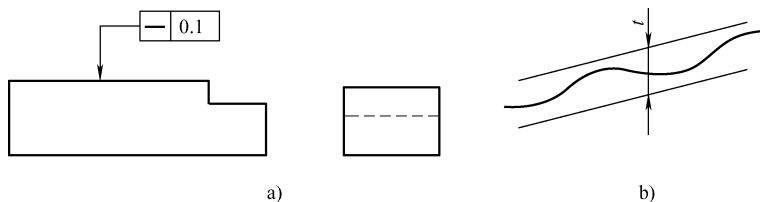


图 1-21 直线度公差含义

如图 1-22a 所示，在工件上标注有对称度公差符号。标注含义：图中对称度图标所要表示的面为两加工面的中心平面，该中心平面必须位于距离为公差值 t ($t=0.08\text{mm}$)，且相对于基准中心平面 A 对称分布的两平行平面之间，如图 1-22b 所示。

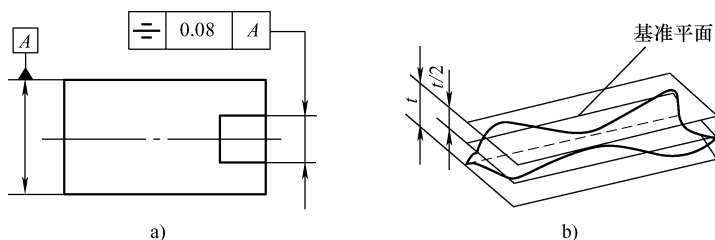


图 1-22 对称度公差含义

(2) 焊接符号 常用基本焊接符号见表 1-12，常用焊接补充和辅助符号见表 1-13。

表 1-12 常用基本焊接符号

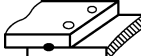
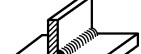
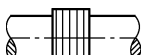
焊缝名称	焊缝形式	符 号	焊缝名称	焊缝形式	符 号
V 形		∨	I 型		
单边 V 形		∕	点焊		○
带钝边 V 形		Y	角焊		△
U 形		∪	堆焊		⌒

表 1-13 常用焊接补充和辅助符号

分 类	名 称	示 意 图	符 号	说 明
补充符号	永久衬垫		▮ M	表明焊缝底部有垫板
	三面焊缝		┐	表明三面带有焊缝
	周围焊缝		○	表明四周有焊缝
	现场焊接		▲	表明在现场进行焊接
辅助符号	平面		—	焊缝表面平齐
	凹面		∪	焊缝表面凹陷
	凸面		∩	焊缝表面凸起

辅助符号是表示焊缝表面形状的符号；补充符号是用来表示焊缝的范围等特征的符号。

焊缝代号主要由基本符号、辅助符号、补充符号、指引线和焊缝尺寸等组成。

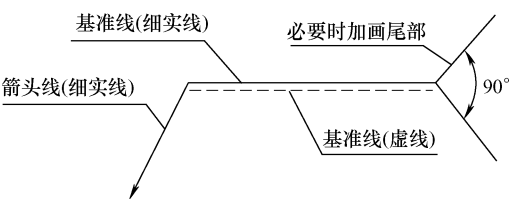
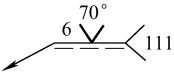
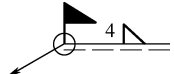
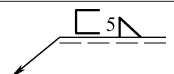
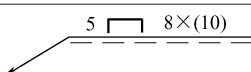
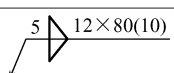
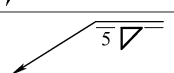


图 1-23 辅助符号含义

如图 1-23 所示，指引线一般由带箭头的细实线（称为箭头线）和两条基准线（其中一条为实线，另一条为虚线，基准线一般与图样标题栏的长边平行）组成，必要时可以加上尾部（90°夹角的两条细实线）。标注应用示例见表 1-14。

表 1-14 标注应用示例

标注示例	说 明
	V 形焊缝，坡口角度 70°，焊缝有效高度为 6mm
	角焊缝，焊脚高度为 4mm，在现场沿工件周围焊接
	角焊缝，焊脚高度为 5mm，三面焊接
	槽焊缝，槽宽（或直径）为 5mm，共 8 个焊缝，间距为 10mm
	断续双面角焊缝，焊脚高度为 5mm，共 12 段焊缝，每段 80mm，间隔为 10mm
	在箭头所指的另一侧焊接，连续角焊缝，焊缝高度为 5mm

第二节 金属材料基础知识

一、钢材的分类

钢是含碳量（质量分数）在 0.04% ~2.3% 的铁碳合金。为了保证其韧性和塑性，碳的质量分数一般不超过 1.7%。钢的主要元素除铁、碳外，还有硅、锰、硫、磷等。钢的分类方法多种多样，其主要分类见表 1-15。

表 1-15 钢的主要分类

分类依据	类 别	说 明
品质	普通钢	$w(P) \leq 0.045\%$ ， $w(S) \leq 0.050\%$
	优质钢	$w(P) < 0.035\%$ ， $w(S) < 0.035\%$
	高级优质钢	$w(P) \leq 0.035\%$ ， $w(S) \leq 0.030\%$
化学成分	碳素钢	低碳钢（ $w(C) \leq 0.25\%$ ）、中碳钢（ $0.25\% \leq w(C) < 0.60\%$ ）、高碳钢（ $w(C) \geq 0.60\%$ ）
	合金钢	低合金钢（合金元素总质量分数 $\leq 5\%$ ）、中合金钢（ $5\% < \text{合金元素总质量分数} \leq 10\%$ ）、高合金钢（合金元素总质量分数 $> 10\%$ ）

(续)

分类依据	类别	说明
成形方法	锻钢	锻钢是指采用锻造方法而生产出来的各种锻材和锻件。锻钢件的质量比铸钢件高，能承受大的冲击力作用，塑性、韧性和其他方面的力学性能也都比铸钢件高
	铸钢	铸钢是用以浇注铸件的钢，属于铸造合金的一种。铸钢分为铸造碳钢、铸造低合金钢和铸造特种钢三类。铸钢是指采用铸造方法而生产出来的一种钢铸件。铸钢主要用于制造一些形状复杂、难于进行锻造或切削加工成形而又要求具有较高强度和塑性的零件
	热轧钢	热轧钢是经过高温加热热轧制而成的钢材，强度不是很高，塑性、焊接性较好
	冷拉钢	冷轧钢是普通热轧钢经过强力拉拔超过应变硬化阶段的钢材，强度很高，但韧性、焊接性差，比较硬、脆
金相组织	退火状态的钢	亚共析钢（铁素体+珠光体）、共析钢（珠光体）、过共析钢（珠光体+渗碳体）、莱氏体钢（珠光体+渗碳体）
	正火状态的钢	珠光体钢、包括贝氏体钢、马氏体钢、奥氏体钢
	无相变或部分发生相变的钢	
用途	建筑及工程用钢	普通碳素结构钢、低合金结构钢、钢筋钢
	结构钢	机械制造用钢包括调质结构钢、表面硬化结构钢（包括渗碳钢、氮钢、表面淬火用钢）、易切结构钢以及冷塑性成形用钢（包括冷冲压用钢、冷锻用钢），弹簧钢，轴承钢
	工具钢	碳素工具钢、合金工具钢、高速工具钢
	特殊性能钢	不锈钢耐酸钢，耐热钢包括抗氧化钢、热强钢、气阀钢，电热合金钢，耐磨钢，低温用钢，电工用钢
	专业用钢	桥梁用钢、船舶用钢、锅炉用钢、压力容器用钢及农机用钢等
冶炼方法	炉种	平炉钢（酸性平炉钢、碱性平炉钢）、转炉钢（酸性转炉钢、碱性转炉钢，或底吹转炉钢、侧吹转炉钢、顶吹转炉钢）、电炉钢（电弧炉钢、电渣炉钢、感应炉钢、真空自耗炉钢、电子束炉钢）
	脱氧程度和浇注形式	沸腾钢，半镇静钢、镇静钢，特殊镇静钢

(续)

分类依据	类别	说明
综合分类	普通钢	碳素结构钢（Q195、Q215、Q235、Q255、Q275）、低合金结构钢、特定用途的普通结构钢
	优质钢	结构钢（优质碳素结构钢、合金结构钢、弹簧钢、易切钢、轴承钢、特定用途优质结构钢）、工具钢（碳素工具钢、合金工具钢、高速工具钢）、特殊性能钢（不锈钢、耐热钢、电热合金钢、电工用钢、高锰耐磨钢）
	工具钢	碳素工具钢、合金工具钢、高速工具钢
	特殊性能钢	不锈钢、耐热钢、电热合金钢、电工用钢、高锰耐磨钢

二、钢材的质量计算

在生产中，往往需要计算材料、零部件的质量，钢材理论质量计算的计量单位为千克（kg）。其基本公式为

$$W=AL\rho/1000$$

式中 W ——质量（kg）；
 A ——断面面积（mm²）；
 L ——长度（m）；
 ρ ——密度（g/cm³），钢的密度为7.85g/cm³。

钢板的简易计算公式为

$$W=7.85S\delta$$

式中 W ——质量（kg）；
 S ——面积（m²）；
 δ ——厚度（mm）；

各种钢材理论质量计算公式见表1-16。

表 1-16 各种钢材理论质量计算公式

名称	计算公式	符号意义	计算举例
圆钢 盘条	$W=0.006165d^2$	d 为直径（mm）	直径为100mm的圆钢，求每米质量。 每米质量=0.006165×100 ² kg=61.65kg
螺纹钢	$W=0.00617d^2$	d 为断面直径（mm）	断面直径为12mm的螺纹钢，求每米质量。 每米质量=0.00617×12 ² kg=0.89kg
方钢	$W=0.00785a^2$	a 为边宽（mm）	边宽为20mm的方钢，求每米质量。 每米质量=0.00785×20 ² kg=3.14kg

(续)

名 称	计 算 公 式	符 号 意 义	计 算 举 例
扁钢	$W=0.00785bd$	b 为边宽 (mm)	边宽为 40mm, 厚为 5mm 的扁钢, 求每米质量。每米质量 = $0.00785 \times 40 \times 5$ kg = 1.57kg
六角钢	$W=0.006798s^2$	s 为对边距离 (mm)	对边距离为 50mm 的六角钢, 求每米质量。每米质量 = 0.006798×50^2 kg = 17kg
八角钢	$W=0.0065s^2$	s 为对边距离 (mm)	对边距离为 80mm 的八角钢, 求每米质量。每米质量 = 0.0065×80^2 kg = 41.62kg
等边角钢	$W=0.00785 [d(2b-d)+0.215(R^2-2r^2)]$	b 为边宽; d 为边厚; R 为内弧半径; r 为端弧半径	求 20mm×4mm 等边角钢的每米质量。从冶金产品目录中查出 4mm×20mm 等边角钢 R 为 3.5mm, r 为 1.2mm, 则每米质量 = $0.00785 \times [4 \times (2 \times 20 - 4) + 0.215 \times (3.5^2 - 2 \times 1.2^2)]$ kg = 1.15kg
不等边角钢	$W=0.00785 [d(B+b-d)+0.215(R^2-2r^2)]$	B 为长边宽; b 为短边宽; d 为边厚; R 为内弧半径; r 为端弧半径	求 30mm×20mm×4mm 不等边角钢的每米质量。从冶金产品目录中查出 30mm×20mm×4mm 不等边角钢的 R 为 3.5mm, r 为 1.2mm, 则每米质量 = $0.00785 \times [4 \times (30 + 20 - 4) + 0.215 \times (3.5^2 - 2 \times 1.2^2)]$ kg = 1.46kg
槽钢	$W=0.00785 [hd+2t(b-d)+0.349(R^2-r^2)]$	h 为高; b 为腿长; d 为腰厚; t 为平均腿厚; R 为内弧半径; r 为端弧半径	求 80mm×43mm×5mm 的槽钢的每米质量。从冶金产品目录中查出该槽钢 t 为 8mm, R 为 8mm, r 为 4mm, 则每米质量 = $0.00785 \times [80 \times 5 + 2 \times 8 \times (43 - 5) + 0.349 \times (8^2 - 4^2)]$ kg = 8.04kg
工字钢	$W=0.00785 [hd+2t(b-d)+0.615(R^2-r^2)]$	h 为高; b 为腿长; d 为腰厚; t 为平均腿厚; R 为内弧半径; r 为端弧半径	求 250mm×118mm×10mm 的工字钢每米质量。从金属材料手册中查出该工字钢 t 为 13mm, R 为 10mm, r 为 5mm, 则每米质量 = $0.00785 \times [250 \times 10 + 2 \times 13 \times (118 - 10) + 0.615 \times (10^2 - 5^2)]$ kg = 42.03kg
钢板	$W=7.85d$	d 为厚度	厚度为 4mm 的钢板, 求每平方米质量。每平方米质量 = 7.85×4 kg = 31.4kg
钢管包括 无缝钢管 及焊接钢管	$W=0.02466S(D-S)$	D 为外径; S 为壁厚	外径为 60mm、壁厚为 4mm 的无缝钢管, 求每米质量。每米质量 = $0.02466 \times 4 \times (60 - 4)$ kg = 5.52kg

三、有色金属及其合金

有色金属又称非铁金属, 指除黑色金属外的金属和合金, 如铜、锡、铅、锌、铝以及黄铜、青铜、铝合金和轴承合金等。另外, 在工业上还采用铬、镍、

锰、钼、钴、钒、钨、钛等，这些金属主要用作合金附加物，以改善金属的性能，其中钨、钛、钼等多用以生产刀具用的硬质合金。以上这些有色金属都称为工业用金属，此外还有贵金属（铂、金、银等）和稀有金属（包括放射性的铀、镭等）。这里主要介绍生产中常用的铝、铜及其合金。

1. 铝及其合金

铝是强度低、塑性好的金属，除应用部分纯铝外，为了提高强度或综合性能，配成合金。铝中加入一种合金元素，就能使其组织结构和性能发生改变，适宜制作各种加工材料或铸造零件。经常加入的合金元素有铜、镁、锌、硅、锰等。纯铝的特性见表 1-17。

表 1-17 纯铝的特性

特 性	说 明
高的耐大气腐蚀性	铝在大气中极易和氧作用生成一层牢固致密的氧化膜，厚度约为 50 ~ 100Å（1Å = 10 ⁻¹⁰ m），可防止铝继续氧化；即使在熔融状态，仍然能维持氧化膜的保护作用。因此，铝在大气环境中是耐蚀的。Al ₂ O ₃ 膜具有酸、碱两重性，因此，纯铝除在氧化性的浓硝酸（质量分数 80% ~ 98%）中有极高的稳定性外（优于 Ni-Cr 系不锈钢），在硫酸、盐酸、碱、盐和海水中均不稳定
良好的低温性能、无低温脆性	在 0℃ 以下随着温度的降低，其强度和塑性提高
高的导电性和高的导热性	位于银、铜、金之后
无磁性	冲击不产生火花
低强度、高塑性	强度为 80 ~ 130MPa，伸长率为 30% ~ 50%，断面收缩率可达 80%

GB/T 16474—2011 中规定铝的质量分数不低于 99.00% 时为纯铝，其 4 位字符体系牌号用 1XXX 系列表示，第 2 位表示原始纯铝（A）或改型情况（B ~ Y），第 3、4 位表示最低铝质量分数。与原纯铝相比，其元素含量略有改变。当最低铝质量分数精确到 0.01% 时，牌号的最后两位数字就是最低铝质量分数中小数点后面的两位。如，1A99 表示铝的质量分数是 99.99%，1A95 表示铝的质量分数是 99.95%。

高纯铝主要用于科研、化学工业、电子工业以及其他一些特殊用途。日常生活用品用 1050A（L3）制造。大部分纯铝用于熔制铝合金，有些纯度不高的铝有时也用来加工成各种半成品。

纯铝中加入适量其他元素如 Si、Cu、Mg、Zn 等即为铝合金。添加一定元素形成的合金在保持纯铝质轻等优点的同时还能具有较高的强度，成为理想的结构

材料，广泛用于机械制造、运输机械、动力机械及航空工业等方面，飞机的机身、蒙皮、压气机等常以铝合金制造，以减轻自重。采用铝合金代替钢板材料的焊接，结构重量可减轻 50% 以上。我国铝合金按加入其中合金元素种类来分类，见表 1-18。

表 1-18 铝合金分类

牌 号 系 列	组 别	特 点	主 要 用 途
1000 系列	纯铝（铝的质量分数不少于 99.00%）	强度较低，但耐腐蚀性、焊接工艺性及加工性很好，反光性高，是热和电的优良导体	家庭用品、机械零件、装饰品、反射镜等
2000 系列	以铜为主要元素的铝合金	耐腐蚀性差，焊接工艺性在铝合金中是最差的，但切削性比较好	主要用于飞机材料、铆钉结构件
3000 系列	以锰为主要元素的铝合金	耐腐蚀性、加工性、焊接性和纯铝几乎一样，但是强度稍低（比纯铝略高）	主要用于建材的成形加工材料。常用于制作锅、水壶等容器，以及热交换器零部件等
4000 系列	以硅为主要元素的铝合金	熔点低，可用作焊接材料	常被用作焊条（电极焊丝）及硬钎焊用填料。常用于制作补强件、热交换器等
5000 系列	以镁为主要元素的铝合金	耐海水腐蚀、焊接工艺、成形性好，强度比较高	主要用在建筑、船舶、车辆、机械零件、饮料罐等，也常用作焊接材料
6000 系列	以镁和硅为主要元素的铝合金	耐腐蚀性好，易加工成形，挤压性能良好，强度高	主要用于结构材料、建筑用窗框、土木建筑用品、螺栓和铆钉等
7000 系列	以锌和镁为主要元素的铝合金	焊接工艺性、耐腐蚀性都不好，是现在铝合金中强度最高的材料，被称为超硬铝	飞机结构材料、体育用品、车辆结构材料
8000 系列	以其他合金元素为主要元素的铝合金	—	—

2. 铜及其合金

纯铜主要成分为铜和银，质量分数为 99.7% ~ 99.95%；主要杂质元素有磷、铋、锑、砷、铁、镍、铅、锡、硫、锌、氧等；用于制作导电器材、高级铜合金、铜基合金等，如图 1-24 所示。

纯铜按成分可分为：普通纯铜（T1、T2、T3、T4）、无氧铜（TU1、TU2 和高纯真空无氧铜）、脱氧铜（TUP、TUMn）、添加少量合金元素的特种铜（砷

铜、碲铜、银铜）四类。纯铜的电导率和热导率仅次于银，广泛用于制作导电、导热器材。纯铜在大气、海水和某些非氧化性酸（盐酸、稀硫酸）、碱、盐溶液及多种有机酸（醋酸、柠檬酸）中，有良好的耐蚀性，用于化学工业。另外，纯铜有良好的焊接性，可经冷、热塑性加工制成各种半成品和成品。

黄铜是由铜和锌所组成的合金，如图 1-25 所示。白铜是以镍为主要添加元素的铜基合金，呈银白色，如图 1-26 所示。



图 1-24 纯铜

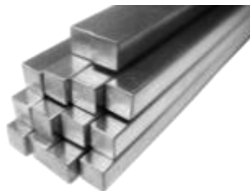


图 1-25 黄铜



图 1-26 白铜

铜合金分类见表 1-19。加工铜的组别、牌号及成分见表 1-20。

表 1-19 铜合金分类

名 称	化 学 成 分	各成分含量	特 性	主 要 用 途
黄铜	铜 + 锌	锌的质量分数小于 39%	单向黄铜，塑性好	常用于镀层，如装饰品，奖章等；七三黄铜，铜的质量分数为 70%，用于制作子弹壳
		锌的质量分数大于 39%	双向黄铜，铜与锌形成固溶体，塑性不好	广泛用于电器上的结构件，如螺栓、螺母、垫圈、弹簧等。最常用的为六四黄铜，铜的质量分数为 60%
白铜	铜 + 镍		工业用有结构白铜和电工白铜	锰铜、康铜、考铜是含锰量不同的锰白铜，是制造精密电工仪器、变阻器、精密电阻、应变片、热电偶的材料
青铜	铜（Cu）+ 锡（Sn）	锡的质量分数小于 5%	适合冷变形加工	适合制作耐磨件、弹性件、抗磁件
		锡的质量分数为 5% ~ 6%	适合热变形加工	
		锡的质量分数大于 10%	铸造性能好，减磨性能好，力学性能好。有良好的抗磁性和低温韧性	轴承、蜗轮、齿轮

(续)

名 称	化 学 成 分	各成分含量	特 性	主 要 用 途
青铜	铜 + 非锡元素	铅青铜	良好的自润滑性能，易切削，铸造性能差，易产生比重偏析	现代发动机和磨床广泛使用的轴承材料
		铝青铜	强度高，耐磨性、耐腐蚀性好	用于铸造高载荷的齿轮、轴套、船用螺旋桨等
		铍青铜	具有高强度、高硬度和良好的导电性，在大气、淡水和海水中有很高的化学稳定性，有良好的耐蚀性	广泛运用于电机弹簧片、电桥、螺栓、螺钉等
		磷青铜	弹性极限高，导电性好	主要用作耐磨零件和弹性元件，如计算机连接器，手机连接器，高科技行业接插件，电子电气用弹簧，开关，电子产品的插槽、按键、电气连接件，引线框架，振动片及端子等

表 1-20 加工铜的组别、牌号及成分

组 成	牌 号	代 号	化学成分 (质量分数,%)		杂质总和 (质量分数,%)	用 途
纯铜	一号铜	T1	≥99.95		≤0.05	①导电和高纯度合金用；②导电用；③一般应用电子、电力、制造业等领域
	二号铜	T2	≥99.90		≤0.10	
	三号铜	T3	≥99.70		≤0.30	
无氧铜	一号无氧铜	TU1			≤0.03	电真空器件和仪器、仪表用
	二号无氧铜	TU2			≤0.05	
磷脱氧铜	一号脱氧铜	TP1	铜≥99.90	磷 0.005 ~ 0.012	≤0.10	焊接等用
	二号脱氧铜	TP2	铜≥99.98	磷 0.013 ~ 0.050	≤0.15	
银铜	0.1 银铜	TAg0.1	铜≥99.95	银 0.06 ~ 0.12	≤0.30	—

第三节 冷作钣金专用数学

一、常用计量单位和换算（见表 1-21 ~ 表 1-23）

表 1-21 常用计量单位换算表

单 位	米	厘 米	毫 米	市 尺	英 寸
米	1	100	1000	3	39. 3701
厘 米	0. 01	1	10	0. 03	0. 3937
毫 米	0. 001	0. 1	1	0. 003	0. 03937
市 尺	0. 33333	33. 333	333. 33	1	13. 1234
英 尺	0. 3048	30. 48	304. 8	0. 9144	1

表 1-22 英寸与毫米换算表

英 寸	毫 米	英 寸	毫 米	英 寸	毫 米	英 寸	毫 米
1/16	1. 588	13/16	20. 64	25/16	39. 69	21/8	66. 68
1/8	3. 175	7/8	22. 23	13/8	41. 28	11/4	69. 85
3/16	4. 763	15/16	23. 81	27/16	42. 86	23/8	73. 03
1/4	6. 350	1	25. 4	7/4	44. 45	3	76. 2
5/16	7. 938	17/16	26. 99	29/16	46. 04	25/8	79. 38
3/8	9. 525	9/8	28. 58	15/8	47. 63	13/4	82. 55
7/16	11. 113	19/16	30. 16	31/16	49. 21	27/8	85. 73
1/2	12. 700	5/4	31. 75	2	50. 80	7/2	88. 9
9/16	14. 29	21/16	33. 34	17/8	53. 98	29/8	92. 08
5/8	15. 88	11/8	34. 93	9/4	57. 15	15/4	95. 25
11/16	17. 46	23/16	36. 51	19/8	60. 33	31/8	98. 43
3/4	19. 05	3/2	38. 10	5/2	63. 5	4	101. 6

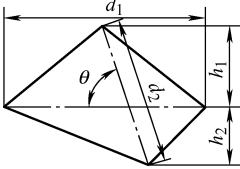
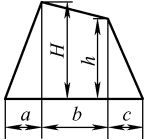
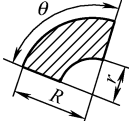
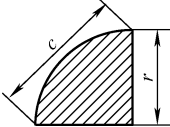
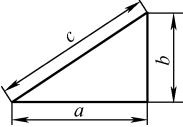
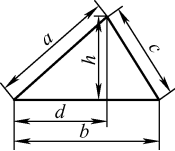
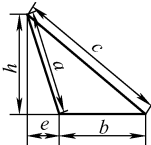
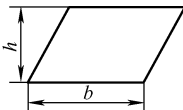
表 1-23 常用质量单位换算表

单 位	吨	公 斤	市 担	市 斤	英 吨	美 吨	磅
吨	1	1000	20	2000	0. 98421	1. 1023	2204. 6
公 斤	0. 001	1	0. 02	2	0. 000984	0. 001102	2. 2046
市 担	0. 05	50	1	100	0. 04921	0. 0551	110. 231
市 斤	0. 0005	0. 5	0. 01	1	0. 000492	0. 000551	1. 1023
英 吨	1. 01605	1016. 05	20. 3209	2032. 09	1	1. 1200	2240
美 吨	0. 90719	907. 19	18. 1437	1814. 37	0. 8929	1	2000
磅	0. 000454	0. 4536	0. 009072	0. 9072	0. 000446	0. 0005	1

二、钣金工常用数学计算

在生产中，经常会遇到计算几何图形的面积和立体的体积。常用几何图形的面积计算见表 1-24。常用立体的体积计算见表 1-25。

表 1-24 常用几何图形的面积计算

名 称	图 形	符 号	公 式
不等边四边形		$h_1、h_2$ ——高 S ——面积 $d_1、d_2$ ——对角线长度	$S = \frac{1}{2}(h_1 + h_2)d_1 = \frac{1}{2}d_1d_2\sin\theta$
不平行四边形		$H、h$ ——高 S ——面积	$S = \frac{1}{2}[(H + h)a + bh + ch]$
圆片		R ——大圆半径 r ——小圆半径 θ ——圆心角	$S = \pi\theta(R^2 - r^2)/360^\circ$ $= 0.00872\theta(R^2 - r^2)$
四分圆		c ——弦长 r ——半径	$S = \pi r^2/4 = 0.7854r^2 = 0.3927c$
直角三角形		$a、b$ ——直角边边长 c ——斜边边长	$S = \frac{1}{2}ab$ $c^2 = a^2 + b^2$
锐角三角形		$a、b、c$ ——边长 h ——高	$S = \frac{1}{2}bh$
钝角三角形		$a、b、c$ ——边长 h ——高	$S = \frac{1}{2}bh$
平行四边形		b ——边长 h ——高	$S = bh$

(续)

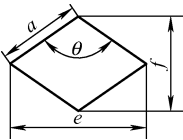
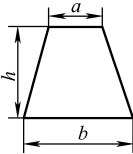
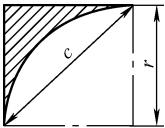
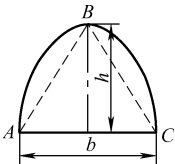
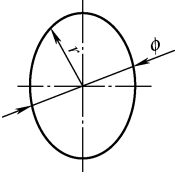
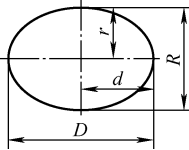
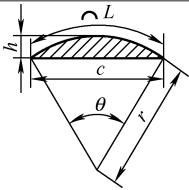
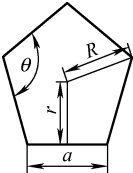
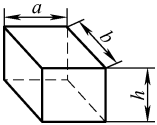
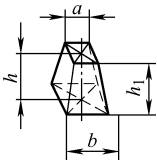
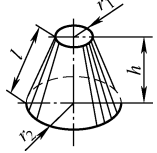
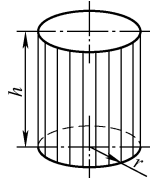
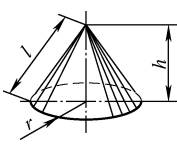
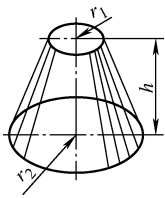
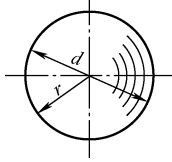
名 称	图 形	符 号	公 式
菱形		e, f ——对角线 a ——边长	$S = \frac{1}{2}ef$
梯形		a, b ——边长 h ——高	$S = \frac{1}{2}(a + b)h$
隅角		r ——半径 c ——弦长	$S = (1 - \pi/4)r^2 = 0.2146r^2$
抛物线		b ——底边 h ——高	$S = \frac{2}{3}bh$
圆		ϕ ——直径 r ——半径	$S = \frac{1}{4}\pi\phi = \pi r^2$
椭圆		d ——长半轴长度 r ——短半轴长度 D ——长轴长度 R ——短轴长度	$S = \pi dr = \frac{1}{4}\pi DR$
弓形		L ——弧长 r ——半径 c ——弦长 h ——高	$S = \frac{1}{2}[r(L - c) + ch]$
正多边形		n ——边数 a ——边长 r ——内切圆半径	$S = \frac{1}{2}nar$

表 1-25 常用立体的体积计算

名 称	图 形	符 号	公 式
长方体		a 、 b ——边长 h ——高	$V = abh$
棱锥体		a 、 b ——边长 h ——高	$V = \frac{(a^2 + b^2 + ab)h}{3}$
棱锥台		r_1 、 r_2 ——底圆半径 h ——高	$V = \frac{\pi h (r_1^2 + r_2^2 + r_1 r_2)}{3}$
圆柱体		r ——半径 h ——高	$V = \pi r^2 h$
正圆锥体		r ——底圆半径 h ——高	$V = \frac{\pi h r^2}{3}$
圆锥台		r_1 、 r_2 ——底圆半径 h ——高	$V = \frac{\pi h (R^2 + r^2 + Rr)}{3}$
球		r ——半径 d ——直径	$V = \frac{4\pi r^3}{3} = 0.5236d^3$

第四节 安全文明生产

一、现场文明生产要求

1. 作业环境和定置管理（见表 1-26）

表 1-26 作业环境和定置管理

	
工作现场的通道畅行无阻，任何情况都可以自由出入。保持清洁，无积灰、积料、油污；无果皮纸屑、烟头等杂物	工具柜内或货架上工具种类数量标识清楚，摆设有序，定期检查数量情况，若有缺损应上报库房，库房负责向生产部申请购买，补齐数量
	
生产现场各类物品应分类标识，按“三定”原则（定点、定容、定量）堆放整齐	每台设备、机器的现场必须配有《设备技术操作规程》，设备和机台干净，没有过多的油污存在，设备表面无积灰、无杂物、无油污
	
各类标识牌、宣传牌应按要求定点、端正悬挂或张贴	建筑物的外墙面应保持涂料或墙体本色，不能有明显的积灰和污渍；建筑物的门窗保持清洁，窗户玻璃明净，窗台无积灰和杂物

2. 生产现场作业员工守则

- 1) 作业前严禁饮酒，要保证有足够的休息和睡眠。
- 2) 自觉遵守公司安全、环保和消防管理制度，正确穿戴劳动保护用品，认真执行本岗位安全技术操作规程和作业指导书。
- 3) 特种作业须持证上岗，严禁无证操作、违章操作和违章指挥。
- 4) 作业前应检查设备和工作场地，发现安全隐患应及时排除和反馈上报，不能冒险作业。如遇异常情况应保护好现场。
- 5) 做到班后“六不走”。不切断电源熄火种不走，环境未清扫整洁不走，

设备未清扫干净不走，工件未码放整齐不走，交接班和原始记录未填写好不走，工具、夹具、量具未清点不走。

二、安全操作与劳动保护知识

1. 安全操作要求

1) 作业人员必须经过岗前教育培训合格后方可上岗作业，如需特种作业，必须取得特种作业操作资格证书后才能上岗作业。

2) 工作前应检查使用的一切工具、机械、工装、防护罩、电气保险装置，确认状态良好，作业场地无障碍，方可进行工作。

3) 工作前必须按规定穿戴好防护用品，严禁穿背心、短裤和凉鞋，防护服上衣领口、袖口下摆应扣扎好，女工的头发必须罩在工作帽内。

4) 配合天车吊运时，应根据吊物料工艺要求合理选择吊索具，检查钢丝绳和吊具是否符合工艺要求，严禁使用断股、死弯或严重腐蚀的钢丝绳。吊运有棱角的物体时，应加角垫。工件较长时，应使用索引绳，不准用手扶运行。严禁使用天车吊物进行焊接。

5) 使用手持式砂轮机抛光和精整焊缝时，应戴好防护眼镜、防尘口罩、皮手套和防护头盔，注意场地通风。严禁使用有缺陷的砂轮，严禁砂轮旋转方向对着操作人员，不可用力挤压精整。

6) 使用折弯机、剪板机、卷板机或其他各种设备前，均应先检查各部位是否良好，运转是否正常，并遵守所用设备的安全操作规程。如需多人一起工作，必须有一人统一指挥，密切配合，一致行动。

7) 曲轴压力机和摩擦压力机开动时，不准把手和头伸入冲头行程内放料，取料换冲模时，必须将冲头顶住，加热工件严禁投扔。

8) 工作前，先检查大小锤、平锤等有无卷边、伤痕。锤把应坚韧，无裂纹，应加铁楔，安装应牢固。平锤、压锤、扁锤、錾子等工具的顶部严禁淬火。打大锤不准戴手套，并注意周围人员安全。

9) 工件进行拼装时，必须戴好防护眼镜，防止电光伤目。应与电焊工相互配合，注意热工件烫伤，防止工件压坏电线，造成触电事故。

10) 使用扶梯前要认真检查，放置牢靠安全，上下应面向扶梯，手要扶牢；登高作业，必须系好安全带，并要有人监护。

11) 施用风铲时应注意对面来人，防止錾子腾空飞出，防止飞溅伤人。

12) 加热炉周围不准放置易燃易爆物品，用完后将炉火熄灭。

13) 发生可燃气体泄漏时，应立即关闭气瓶或管道阀门，或打开房间门、窗。如阀门失效，应立即熄灭周围火源，关闭电源。

14) 发生人身触电事故时，立即拉闸断电，使触电者脱离电源后，平放在地面或板面上实施人工急救，同时拨打急救电话，及时送医院救治。

15) 发生灼烫伤，应立即就近去诊所或医院治疗，严禁伤害部位接触有害物质或自行随意处置。

16) 发生中毒、窒息事故时，应立即将中毒者移到空气流通较好的空旷地方，疏散围观人员，实施人工救治，并拨打急救电话，送往医院救治。

2. 安全色

安全色有红、蓝、黄、绿，对比色有黑白两种颜色，黄色安全色的对比色为黑色。红、蓝、绿安全色的对比色均为白色。而黑、白两色互为对比色。黑色用于安全标志的文字、图形符号，警告标志的几何图形和公共信息标志。表 1-27 为三种安全色。

表 1-27 安全色

 禁止烟火 红色表示禁止、停止的意思	 当心火灾 黄色表示注意、警告的意思	 必须戴安全帽 蓝色表示指令、必须遵守的意思
--	--	---

3. 安全线

安全线是工矿企业中用以划分安全区域与危险区域的分界线。根据国家有关规定，安全线用白色，宽度不小于 60mm。在生产过程中，有了安全线的标示，人们就能区分安全区域和危险区域，有利于对危险区域的认识和判断。图 1-27 所示为生产作业安全标志线。



图 1-27 生产作业安全标志线

4. 安全标志

安全标志类型有禁止标志、警告标志、指令标志和提示标志四种，见表 1-28。

表 1-28 安全标志区分

 禁止合闸 No switching on	 注意安全
禁止标志是禁止人们不安全行为的图形标志。其基本形式为带斜杠的圆形框。圆环和斜杠为红色，图形符号为黑色，衬底为白色	警告标志是提醒人们对周围环境引起注意，以避免可能发生危险的图形标志。其基本形式是正三角形边框。三角形边框及图形为黑色，衬底为黄色
 必须系安全带	 紧急出口 EXIT
指令标志是强制人们必须做出某种动作或采用防范措施的图形标志。其基本形式是圆形边框。图形符号为白色，衬底为蓝色	提示标志是向人们提供某种信息的图形标志。其基本形式是正方形边框。图形符号为白色，衬底为绿色

常用禁止标志、常用警告标志、常用提示标志、常用指令标志分别如图 1-28 ~ 图 1-31 所示。



图 1-28 常用禁止标志



图 1-28 常用禁止标志 (续)



图 1-28 常用禁止标志 (续)



图 1-29 常用警告标志



图 1-29 常用警告标志（续）



表 1-29 常用警告标志 (续)



表 1-30 常用提示标志



图 1-31 常用指令标志



图 1-31 常用指令标志 (续)

第二章

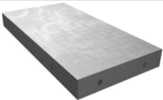
冷作钣金工常用工具和量具

第一节 冷作钣金工常用工具

一、工作平台

工作平台是钣金操作的基础件，主要用于在其上平面进行板料划线、下料、敲平及矫正工作。普通钣金工作平台没有确定的尺寸标准，但常用的台面有600mm×1000mm、800mm×1200mm和1500mm×3000mm三种规格。台面高度 h 为650~700mm（有的平台高度可调）。其材料多为铸铁，背面有加强肋，安装时都要调水平。有些简单的工作平台平面用钢板拼成，平板固定在支架上。需要注意的是，作为检验用的专用平台，不允许在上面进行生产作业。平台的分类见表2-1。

表 2-1 平台的分类

分 类	图 片	说 明
划线平台		是检查机器零件平面度、直线度等几何公差的测量基准，也可用于一般零件及精密零件的划线、铆焊研磨工艺加工及测量等
装配平台		工作面上加工有圆孔、T形槽和长孔，配合夹具可以固定零部件
检验平台		用于各种检验工作。检查零件的尺寸精度或形位偏差，并作精密划线，在机械制造中也是不可缺少的基本工具

二、划线工具

划线工具主要用于机械加工中的划线工序，广泛用于单件或小批量生产之中。对划线的基本要求是线条清晰匀称，定形、定位尺寸准确。由于划线的线条有一定宽度，一般要求精度达到 $0.25 \sim 0.5\text{mm}$ 。使用中应当注意的是：工件的加工精度不能完全由划线确定，而应该在加工过程中通过测量来保证。

常用划线工具有划针、划规、划针盘、样冲、直角尺、粉线和 V 形铁等。

1. 划针和划针盘

(1) 划针 划针是用来在板料上划线的基本工具。划针一般由中碳钢或高碳钢制成，弯头划针用于直头划针划不到的地方。划针长度约为 120mm ，直径为 $4 \sim 6\text{mm}$ 。为了使其在板料上划出清晰的标记线，划针尖端非常锐利，尖端角度一般在 $15^\circ \sim 20^\circ$ ，且具有耐磨性。常用划针如图 2-1 所示。



图 2-1 常用划针

如图 2-2 所示，划线时，划针的尖端必须紧靠钢直尺或样板，划针应朝向划线方向倾斜 $50^\circ \sim 70^\circ$ ，同时向外倾斜 $10^\circ \sim 20^\circ$ ，划线宽度不得超过 0.5mm 。

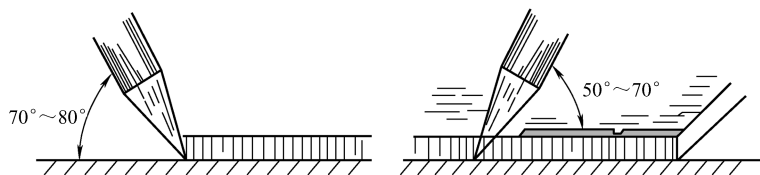


图 2-2 划针的正确使用



操作要领：对铸铁毛坯划线时，应使用焊有硬质合金的划针尖，以便保持长期锋利，其线条宽度应在 $0.1 \sim 0.15\text{mm}$ 范围内。平时不使用时应放入笔套，划针的头保持锐利。划线时划针要紧贴导向工具。划线要尽量一次划成。

(2) 划针盘（见图 2-3） 划针盘主要用于平台上划线或矫正工件时使用。

划针盘的构造：如图 2-4 所示，划针盘主要由底座、立柱、划针和夹紧螺母等组成。划针两端分为直头端和弯头端，直头端用来划线，弯头端常用来矫正工件的位置，例如找正工件表面与划



a)



b)

图 2-3 划针盘

a) 固定式 b) 可调式

线平台表面的平行等。

划针盘使用要求：

1) 划针夹紧牢固，呈水平状态划线时，应使划针基本处于水平位置，不要倾斜太大。划针伸出的部分应尽量短些，这样划针的刚度较好，不易产生抖动。划针的夹紧也要可靠，以避免尺寸在划线过程中有变动。

2) 划针沿划线方向要倾斜，划针与工件的划线表面之间沿划线方向要倾斜一定角度（ $30^{\circ} \sim 60^{\circ}$ ），这样可以减少划线阻力和防止针尖扎入工件表面的现象，如图 2-5 所示。在用划针盘划较长直线时，应采用分段连接划线法，这样可对各段的首尾作校对检查，避免在划针过程中由于划针的弹性变形和划针盘本身的移动所造成的划线误差。

3) 要紧贴平板表面平稳地拖动划针盘底座。在划线过程中，要拖动划针盘底座时，应使它与平台台面紧密接触，而无摇晃或跳动现象。为使底坐在划线时拖动方便，还要求底座与平台的接触面保持清洁，以减少阻力。

4) 暂不使用时，划针直头端应垂直向下。划针盘使用完毕后，应使划针置于垂直状态，并使直头端向下，以防伤人和减少所占的空间位置。

2. 划规

划规也称为圆规、划卡、划线规等，在划线工作中可以划圆和圆弧、等分线、等分角度以及量取尺寸等，是用来确定轴及孔的中心位置、划平行线的基本工具。划规一般用中碳钢或工具钢制成，两脚尖端部位经过淬硬并修磨，也有的在尖脚上焊有硬质合金，如图 2-6a 所示。

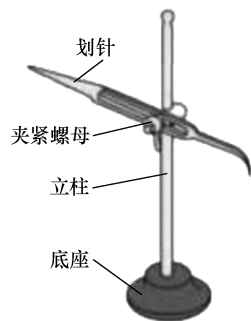


图 2-4 划针盘结构

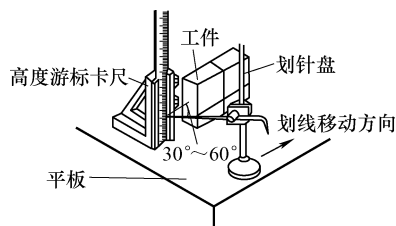


图 2-5 利用高度游标卡尺和划针盘给工件划线

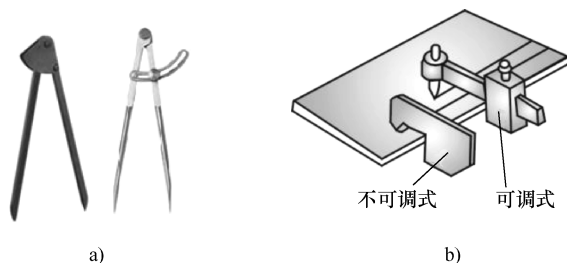


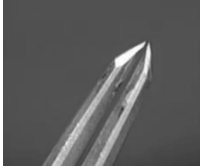
图 2-6 划规

a) 常用划规 b) 专用划规

专用划规根据生产定制，用于划折边线，它可沿板料边缘划等距离引线，如图 2-6b 所示。

划规的正确使用见表 2-2。

表 2-2 划规的正确使用

图 片	说 明
	划规两脚的长短要磨得稍有不同，合拢时脚尖应能靠紧
	划图时作为旋转中心的一脚压力应稍大些，另一支脚则以较轻的压力画出圆或圆弧。这样可使中心不会滑动

3. 样冲

样冲主要用于在工件已划好的加工线条上冲点，作加强界限标志（称检验样冲点），以保存所划的线条。这样即使工件在搬运、安装过程中线条被揩磨模糊时，仍留有明显的标记。在使用划规划圆弧或钻孔前，也要先用样冲在圆心上冲眼，作为划规定心脚的立脚点或钻孔定中心（称中心样冲点）。

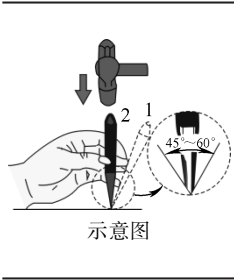
样冲一般用工具钢制成，尖端处淬硬（工厂中也常用废铰刀等改制），其顶尖角度在用于加强界限标记时大约为 40°，用于钻孔定中心时约取 60°。

冲点要求：冲点要求位置准确，深浅适当；线短点少，线长点多，交叉转折必冲点。位置要准确，中点不可偏离线条；在曲线上冲点距离要小些，如直径小于 20mm 的圆周线上应有 4 个冲点，而直径大于 20mm 的圆周线上应有 8 个以上冲点；在直线上冲点距离可大些，但短直线至少有 3 个冲点；在线条的交叉转折处则必须冲点；冲点的深浅要掌握适当，在薄壁上或光滑表面上冲点要浅，粗糙表面上要深些。样冲打点操作方法见表 2-3。

4. 直角尺

如图 2-7 所示，直角尺有扁平直角尺和宽座直角尺两种，如图 2-7 所示。扁平直角尺主要用于划垂直线及检验工件装配角度，也常用于在钢板上划线，一般采用 2~3mm 厚的钢板、铝板和不锈钢板制成。宽座直角尺常用的有 150mm 和 315mm 两种，使用时可以将基座靠在板边划出与直边垂直的线，使用灵活方便。

表 2-3 样冲打点操作方法

	 先将样冲外倾，使尖端对准线的正中	 然后再将样冲立直，用锤子敲击冲点
---	---	--

直角尺有时也作为检验量具使用，根据精度不同分为几个级别，使用时有以下几点要注意。

1) 00 级和 0 级直角尺一般用于检验精密量具；1 级用于检验精密工件；2 级用于检验一般工件。

2) 使用前，应先检查各工作面和边缘是否被碰伤。直角尺的长边的左、右面和短边的上、下

面都是工件面（即内外直角）。将直角尺工作面和被检工作面擦净。

3) 使用时，将直角尺靠放在被测工件的工作面上，用光隙法鉴别工件的角度是否正确。注意轻拿、轻靠、轻放，防止变曲变形。

4) 为求精确测量结果，可将直角尺翻转 180°再测量一次，取二次读数算术平均值为其测量结果，可消除直角尺本身的偏差。

三、成形工具

1. 锤子

锤子是敲打物体使其移动或变形的工具。其由锤头和锤柄组成，冷作钣金工使用的锤子多种多样，主要按照重量和功能区分，见表 2-4。

表 2-4 钣金常用锤子

类 别	图 片	说 明
拱锤		主要用于圆弧形工件的成形和制作
大锤		一般与中间锤配合使用

(续)

类 别	图 片	说 明
扁头锤		主要用于敲击平面，也可以敲击较深的凹陷和边缘拐
中间锤		为了使工件避免直接锤击而使用中间锤
平头整形锤		主要用于修整箱形角等部位
鹤嘴锤		主要用于消除工件表面的小凹坑
其他		一般由木材、橡胶、胶木组成，用于对表面要求较高的工件

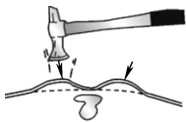
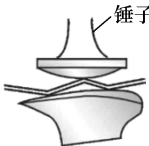
2. 顶铁

顶铁是一种手持的铁砧，与锤子配合进行钣金作业，也称为垫铁或衬铁，如图 2-8 所示。用顶铁法修整可分为“正托”和“偏托”两种方式。顶铁的使用见表 2-5。



图 2-8 顶铁

表 2-5 顶铁的使用

类 别	图 示	说 明
正托		直接用顶铁抵住板料最大凹陷处，使用木锤或尼龙锤敲击凹陷周围产生的隆起变形，即深入浅出地由最大凹凸变形处开始敲平
偏托		用顶铁抵住板料凸起处反面，使用锤子直接锤击板料凸起处，将板料矫平

四、切割工具

1. 錾子

錾削是利用锤子锤击錾子，实现对工件切削加工的一种方法。

錾子用左手的中指、无名指和小指握持，大拇指与食指自然合拢，让錾子的头部伸出约 20mm。錾削时，小臂要自然平放，并使錾子保持正确的后角。錾子握法如图 2-9 所示。

錾子由切削部分、斜面、柄部和头部四部分组成，其长度约为 170mm，直径为 18 ~ 24mm。錾子的切削部分包括两个表面（前刀面和后刀面）和一条切削刃（锋口）。切削部分要求具有较高的硬度（大于工件材料的硬度），且前刀面和后刀面之间形成一定楔角 β 。楔角大小应根据材料的硬度及切削量大小来选择。楔角大，切削部分强度高，但切削阻力大。在保证足够强度的情况下，尽量取小的楔角，一般取楔角 $\beta = 60^\circ$ ，如图 2-10 所示。錾子的分类和用途见表 2-6。

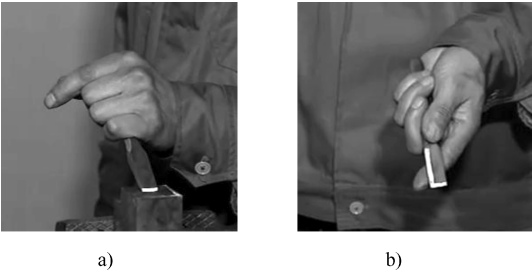


图 2-9 錾子握法
a) 正握法 b) 反握法

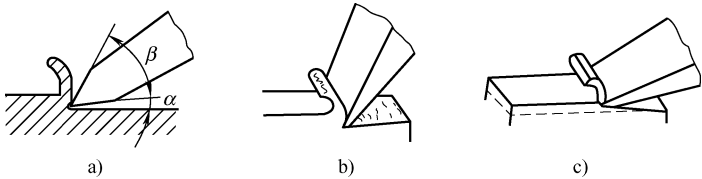


图 2-10 錾子角度
a) 正确角度 b) 楔角过大 c) 楔角过小

表 2-6 錾子分类和用途

种 类	图 片		用 途
扁 錾			切削部分扁平，用于錾削大平面、薄板料、清理飞边等
尖 錾			切削刃较窄，用于錾槽和分割曲线板料

鏊切操作（见表 2-7）：起鏊时，鏊子尽可能向右斜 45°左右。从工件边缘尖角处开始，并使鏊子从尖角处向下倾斜 30°左右，轻打鏊子，比较容易切入材料。起鏊后按正常方法鏊削。当鏊削到工件尽头时，要防止工件材料边缘崩裂，脆性材料尤其需要注意。因此，鏊到尽头 10mm 左右时，必须调头鏊去其余部分。

表 2-7 鏊切操作

 在台虎钳上鏊切	 在铁砧或平板上鏊切	 用密集排孔配合鏊切
--	--	---

2. 手锯

手锯由锯弓和锯条两部分组成。

（1）锯弓 锯弓是用来夹持和拉紧锯条的工具。如图 2-11 所示，其分为固定式和可调式两种。固定式锯弓的弓架是整体的，只能装一种长度规格的锯条。可调式锯弓的弓架分成前段和后段，由于前段在后段套内可以伸缩，因此可以安装几种长度规格的锯条，故目前广泛使用的是可调式。



图 2-11 锯弓
 a) 固定式 b) 可调式

（2）锯条

1) 锯条的材料与结构。锯条是用碳素工具钢（如 T10 或 T12）或合金工具钢，经热处理制成的。

锯条的规格以锯条两端安装孔间的距离来表示（长度为 150 ~ 400mm）。常用的锯条是长 399mm、宽 12mm、厚 0.8mm。

锯条的切削部分由许多锯齿组成，每个齿相当于一把鏊子起切割作用。常用锯条的前角 γ 为 0、后角 α 为 40° ~ 50°、楔角 β 为 45° ~ 50°。

锯条的锯齿按一定形状左右错开，排列成的一定形状称为锯路。锯路有交叉、波浪等不同排列形状。锯路的作用是使锯缝宽度大于锯条背部的厚度，防止锯削时锯条卡在锯缝中，并减少锯条与锯缝的摩擦阻力，使排屑顺利，锯削省力。

锯齿的粗细是按锯条上每 25mm 长度内齿数表示的。14 ~ 18 齿为粗齿，24 齿为中齿，32 齿为细齿。锯齿的粗细也可按齿距 t 的大小来划分：粗齿的齿距

$t = 1.6\text{mm}$ ，中齿的齿距 $t = 1.2\text{mm}$ ，细齿的齿距 $t = 0.8\text{mm}$ 。

2) 锯条粗细的选择。锯条的粗细应根据加工材料的硬度、厚薄来选择。

锯削软的材料（如铜、铝合金等）或厚材料时，应选用粗齿锯条，因为锯屑较多，要求较大的容屑空间。

锯削硬材料（如合金钢等）或薄板、薄管时，应选用细齿锯条，因为材料硬，锯齿不易切入，锯屑量少，不需要大的容屑空间；锯薄材料时，锯齿易被工件勾住而崩断，需要同时工作的齿数多，使锯齿承受的力量减少。

锯削中等硬度材料（如普通钢、铸铁等）和中等硬度的工件时，一般选用中齿锯条。

(3) 操作方法 将工件夹持在台虎钳上，锯缝应靠近钳口处，以免切割时工件颤动。右手紧握锯柄，左手挟持前端弓架。起锯时，锯齿与工件表面约呈 15° 且锯齿面应保持在 3 个齿以上。锯削时，右手推动手锯，左手向下略施压力，并扶正锯弓作往复运动；锯削速度一般以每分钟往复 30 次左右为宜，但还应考虑工件的材料。起锯方法如图 2-12 所示。

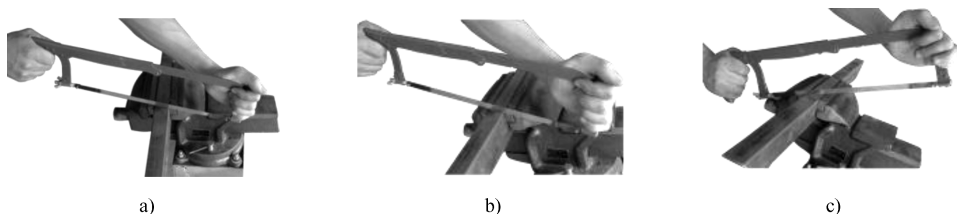


图 2-12 起锯方法

a) 握持方法 b) 在工件前起锯 c) 在工件后起锯

3. 手工剪切

直剪刀用于剪切直线，弯剪刀用于剪切曲线。钣金剪如图 2-13 所示。手剪的剪刀间隙在板厚的 $1/20 \sim 1/10$ ，剪刀片预弯 $0.1 \sim 0.2\text{mm}$ 。一般用于剪切厚度 1mm 以下的薄钢板，以及厚度 1.2mm 以下的铜和铝板等，主要用于白铁皮的裁料。刀口在闭合时，应使上下刀片彼此贴紧，不应出现缝隙，否则被剪板料的断面就会出现飞边，有时还会把板料夹在两刀片中间。在剪切时刀口必须垂直对准剪切线，剪口不要倾斜，刀片的倾角要适当，倾角过大，板料过近地推向剪轴，在剪切时板料就会往外滑移，手剪剪轴不要铆得很紧，刀口不仅张合费力，而且也容易使刃口磨损变钝，所以要



图 2-13 钣金剪

调出适当的间隙。握剪方法见表 2-8，剪切方法见表 2-9。

表 2-8 握剪方法

方 法	说 明
	右手握持剪柄末端，以增加力臂长度，省力以便于剪刀刃口向前切方向推进
	用拇指和手掌的虎口夹住上剪柄，食指或小指在剪柄的中间，抵住上剪柄，其余三个手指握牢下剪柄

表 2-9 剪切方法

分 类	图 示	说 明
剪直线		剪切直线料时，应右手握剪，左手将剪开的料托起。在剪切作业中应注意使标记线始终能够看得清楚
剪曲线外形		在剪切曲线外形时，应逆时针方向进行，这样操作标记线不会被剪刀遮住
剪曲线内形		在剪切曲线内形时，应顺时针方向进行。这样操作标记线不会被剪刀遮住

第二节 冷作钣金工常用量具

一、通用量具

1. 钢直尺

钢直尺是最简单的长度量具，如图 2-14 所示。它的长度一般有 150mm、300mm、500mm 和 1000 mm 四种规格。

钢直尺主要用于测量零件的长度尺寸，它的测量结果不太准确。这是由于钢直尺的刻线间距为 1mm，而刻线本身的宽度就有 0.1 ~ 0.2mm，所以测量时读数误差比较大，只能读出毫米数，即它的最小读数值为 1mm，比 1mm 小的数值，只能估计而得。



图 2-14 钢直尺

使用技巧：

- 1) 垂视直尺，减低视差。
- 2) 尽量把测物贴至最近刻度线。
- 3) 不要以端点作测量点，端点易磨损而有较大误差。
- 4) 以不同起点测量多次，取其平均数，结果会较为准确，可有效减小因刻度不均匀而引起的误差。

2. 钢卷尺

钢卷尺主要用来测量较长工件的尺寸或距离，如图 2-15 所示。长度有 2.5m、5m、20m、30m 和 50m 数种。

卷尺主要由尺带、盘式弹簧（发条弹簧）和卷尺外壳三部分组成，所谓盘式弹簧，就像旧式上链式钟表里的发条。当拉出刻度尺时，盘式弹簧被卷紧，产生向回卷的力，当松开刻度尺的拉力时，刻度尺就被盘式弹簧的拉力拉回。钢卷尺可分为自卷式卷尺，制动式卷尺和摇卷式卷尺。



图 2-15 钢卷尺

如果测量距离较长，一般会存在拉力误差和钢直尺不水平的误差。

3. 水平尺

水平尺是用于设备安装、检验、测量、划线、工业工程施工时测量水平的主要工具，如图 2-16 所示。常用水平尺规格见表 2-10。



图 2-16 水平尺

表 2-10 常用水平尺规格 (单位：mm)

长	500	1000	1500	2000	2500	3000
高	60	60	60	100	100	100
工作面宽	30	30	30	40	40	40
精度等级	0	0	1	1	2	2
直线度	0.003	0.005	0.015	0.018	0.056	0.056
平行度	0.004	0.008	0.022	0.027	0.084	0.084

一般水平尺都有三个玻璃管，每个玻璃管中有一个气泡。将水平尺放在被测物体上，水平尺气泡偏向哪边，则表示那边偏高，即需要降低该侧的高度，或调高相反侧的高度，将气泡调整至中心，就表示被测物体在该方向是水平的了。

三个气泡的作用都是测量测量面是否水平，气泡居中则水平，气泡偏离中心，则平面不是水平的。另外，根据两条交叉线确定一平面的原理，需要同一平面内在两个不平行的位置测量才能确定平面的水平。三个水准管的用途见表 2-11。

表 2-11 三个水准管的用途

水准管样式	名 称	用 途	示 例
	水平水准管	水平测量	
	垂直水准管	垂直测量	
	45°角水准管	固定倾斜度测量	—

4. 游标卡尺

游标卡尺是一种测量长度、内外径、深度的量具。游标卡尺由尺身和附在尺身上能滑动的游标两部分构成,如图 2-17 和图 2-18 所示。若从背面看,游标是一个整体。游标与尺身之间有一弹簧片(图 2-17 中未画出),利用弹簧片的弹力使游标与尺身靠紧。游标上部有一紧固螺钉,可将游标固定在尺身上的任意位置。尺身一般以毫米(mm)为单位,而游标上有 10、20、50 或 100 个等分刻度(分别对应 0.1mm、0.05mm、0.02mm 和 0.01mm 4 种最小读数值),根据等分刻度的不同,游标卡尺可分为十分度游标卡尺、二十分度游标卡尺和五十分度游标卡尺等。游标卡尺的尺身和游标上有两副活动量爪,分别是内测量爪和外测量爪,内测量爪通常用来测量内径,外测量爪通常用来测量长度和外径。常用游标卡尺如图 2-18 所示。

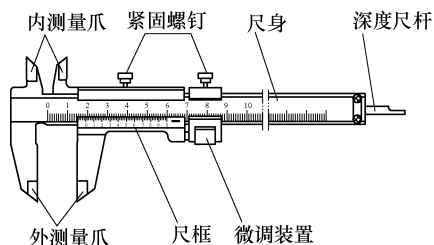


图 2-17 游标卡尺结构

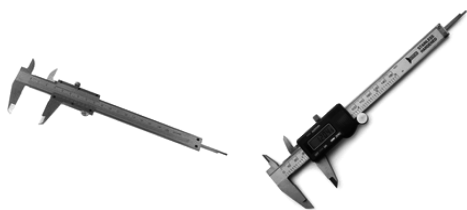


图 2-18 常用游标卡尺

尺身和游标都有量爪,利用内测量爪可以测量槽的宽度和管的内径,利用外测量爪可以测量零件的厚度和管的外径。深度尺与游标尺连在一起,可以测槽和筒的深度。游标卡尺测量方法如图 2-19 所示。

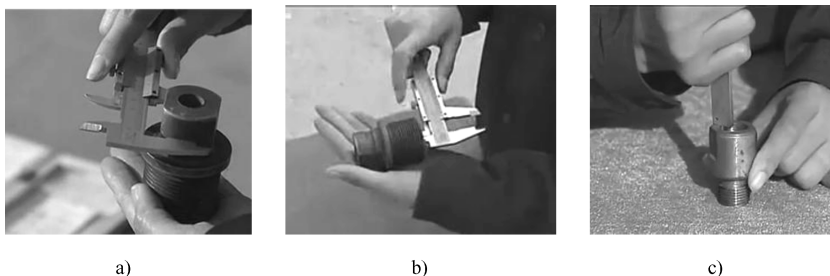


图 2-19 游标卡尺测量方法

a) 测量外径 b) 测量内径 c) 测量深度

(1) 游标卡尺的读数 读数时首先以游标零刻度线为准在尺身上读取毫米整数,即以毫米为单位的整数部分。然后看游标上第几条刻度线与尺身的刻度线

对齐，如第6条刻度线与尺身刻度线对齐，则小数部分即为0.6mm（若没有正好对齐的线，则取最接近对齐的线进行读数）。如有零误差，则一律用上述结果减去零误差（零误差为负，相当于加上相同大小的零误差），读数结果为： $L = \text{整数部分} + \text{小数部分} - \text{零误差}$ 。判断游标上哪条刻度线与尺身刻度线对准，可用下述方法：选定相邻的三条线，如左侧的线在尺身对应线之右，右侧的线在尺身对应线之左，中间那条线便可以认为是对准了。 $L = \text{对准前刻度} + \text{游标上第} n \text{条刻度线与尺身的刻度线对齐} \times \text{分度值}$ 。

如果需测量几次取平均值，不需每次都减去零误差，只要从最后结果减去零误差即可。

游标上零刻度线处于尺身刻度15~15.1mm之间，则取整数15mm，如图2-20a所示。游标上刻度7与尺身刻度对齐，则读数为0.7mm，如图2-20b所示。测量长度为15mm+0.7mm=15.7mm。

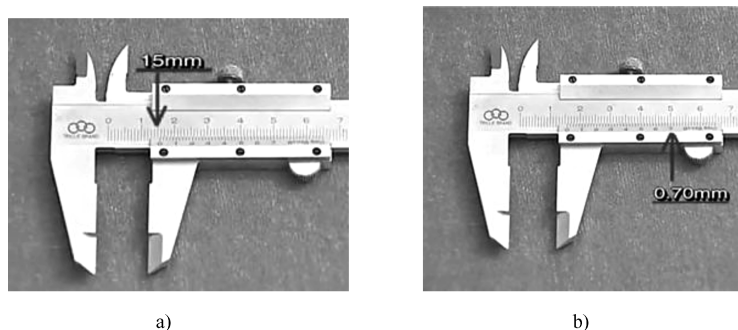


图 2-20 游标卡尺读数
a) 尺身读数 b) 游标读数

(2) 游标卡尺的使用方法 用软布将量爪擦干净，使其并拢，查看游标和尺身的零刻度线是否对齐。如果对齐就可以进行测量；如果没有对齐则要记取零误差，游标的零刻度线在尺身零刻度线右侧的叫正零误差，在尺身零刻度线左侧的叫负零误差（这种规定方法与数轴的规定方法一致，原点以右为正，原点以左为负）。测量时，右手拿住尺身，大拇指移动游标，左手拿待测外径（或内径）的物体，使待测物位于外测量爪之间，当与量爪紧紧相贴时，即可读数。

(3) 游标卡尺的保管方法及注意事项

1) 游标卡尺是比较精密的测量工具，要轻拿轻放，不得碰撞或跌落地下。使用时不要用来测量粗糙的物体，以免损坏量爪，避免与刃具放在一起，以免刃具划伤游标卡尺的表面，不用时应置于干燥地方以防止锈蚀。

2) 测量时, 应先拧松紧固螺钉, 移动游标不能用力过猛。两量爪与待测物的接触不宜过紧。不能使被夹紧的物体在量爪内挪动。

3) 读数时, 视线应与尺面垂直。如需固定读数, 可用紧固螺钉将游标固定在尺身上, 防止滑动。

4) 实际测量时, 对同一长度应多测几次, 取其平均值来消除偶然误差。

5) 游标卡尺使用完毕, 用棉纱擦拭干净。长期不用时应将它擦上润滑脂或机油, 两量爪合拢并拧紧紧固螺钉, 放入卡尺盒内盖好。

6) 应定期校验游标卡尺的精准度和灵敏度。

5. 游标高度尺

游标高度尺也称高度游标卡尺。它的主要用途是测量工件的高度, 另外还经常用于测量形状和位置公差尺寸, 有时也用于划线。

根据读数形式的不同, 游标高度尺可分为普通游标式和电子数显式两类, 如图 2-21 所示。

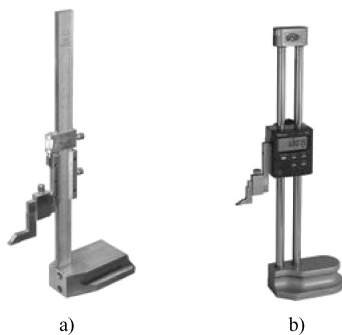


图 2-21 游标高度尺

a) 普通游标式 b) 电子数显式

游标高度尺的规格常用的有 0 ~ 300mm、0 ~ 500mm、0 ~ 1000mm、0 ~ 1500mm 和 0 ~ 2000mm。

使用注意事项:

1) 开始使用前, 用干燥清洁的布 (可沾少许清洁剂) 反复擦拭保护膜表面。

2) 工作环境。温度 5 ~ 40℃, 相对湿度 80%, 防止含水分的液体物质沾湿保护膜表面。

3) 不准在任何部位上施加电压 (如用电笔刻字), 以免损坏电路。

4) 正确设置测量起点, 除非更改设置, 否则不要随便按 “ON/OFF” 键, 以免发生测量错误。

5) 测量爪尖端锋利，防止碰伤。

6. 线锤

线锤也叫铅垂测定仪，其质量一般为 0.5kg。它利用重力垂直向下的原理，一般用来检测铅垂度以及上下层构件的对中，主要用于生产中大型构架装配或检验时测量使用。线锤及其测量方法如图 2-22 所示。



图 2-22 线锤和测量方法

a) 线锤 b) 测量方法

二、专用量具

专用量具也称非标量具，指专门为检测工件某一技术参数而设计制造的量具。其特点为：

1) 本身直接复现了单位量值，即量具的标称值就是单位量值的实际大小，如量块本身就复现了长度量的单位。

2) 在结构上一般没有测量机构，没有指示器或运动着的元部件。如量块只是复现单位量值的一个实物。

3) 由于没有测量机构，若不依赖其他配用的测量器具，就不能直接测出被测量值。例如，量块要配用干涉仪、光学计，因此它是一种被动式测量器具。

划线样板和检验样板等量具都是以固定形式复现量值的测量器具，如图 2-23 所示的宽度测量样板和图 2-24 所示的轮廓测量样板。



图 2-23 宽度测量样板



图 2-24 轮廓测量样板

第三章

划线、放样和展开

第一节 板厚处理和加工余量

展开图都是假设按构件的板厚为零时的放样图绘制的，而实际构件的板料都有一定的厚度。板料较薄时，略去板料厚度，对于展开图产生的影响较小，所得构件的误差可以控制在工程允许的公差范围内。当板料较厚时，则必须按一定规律来处理板料的厚度，消除它的影响，画出修正后的放样图和展开图，以保证制成后的构件符合设计要求。这个过程，称为板厚处理。

一、弯曲中性层

1. 中性层的概念

如图 3-1 所示，当板料弯曲时，外层材料受拉而伸长，内层材料受压而缩短，在伸长与缩短之间存在一个长度保持不变的纤维层，称为中性层。

2. 中性层位置的确定

在塑性弯曲过程中，中性层的位置与弯曲半径 r 和板厚 δ 的比值有关，当 $r/\delta > 5$ 时，中性层接近于板厚正中，即与板料中心层重合；若 $r/\delta \leq 5$ 时，中性层的位置靠近弯曲中心的内侧，而相对弯曲半径 r/δ 越小，即变形程度越大，则中性层离弯板内侧越近，这是由于塑性弯曲时，弯板厚度变薄，其断面产生畸变的缘故。这时，可以通过公式 $R = r + x\delta$ 计算来得到处理后的弯曲半径 R ，中性层变化系数 x 值可从表 3-1 中查出。

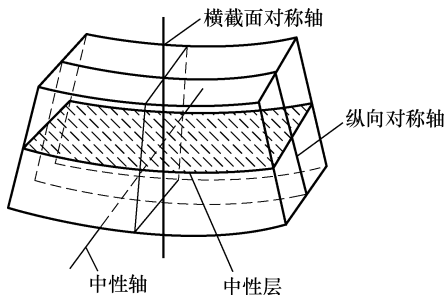


图 3-1 中性层位置图

表 3-1 中性层变化系数 x

r/δ	0.1	0.25	0.5	0.8	1	2	3	4	5
x	0.3	0.35	0.38	0.41	0.42	0.46	0.47	0.48	0.49

二、板厚处理原则

在实际生产中，当板料的厚度大于 1.5mm 时，其厚度尺寸将直接影响工件表面展开的长度、高度以及相连构件的接口尺寸，而且这种影响会随着板厚和尺寸的增长而变大。

1. 曲面板构件的板厚处理

一般弯成圆弧形的零件（如圆筒、圆锥），当弯板内弧半径 $r/\delta > 5$ 时，其展开长度等于中性层的长度。如图 3-2 所示圆柱管，圆柱管的展开图为矩形，在图 3-2b 中，其高为 H ，里、外皮直径分别是 d 、 D ，中性层直径为 d_0 ；在图 3-2c 中，高仍为 H ，直径为 d_0 ；当认为圆柱管的中性层就是板厚的中心层时，图 3-2d 中的矩形宽为 H ，长为 $\pi d_0 = \pi (D - \delta) = \pi (d + \delta)$ 。

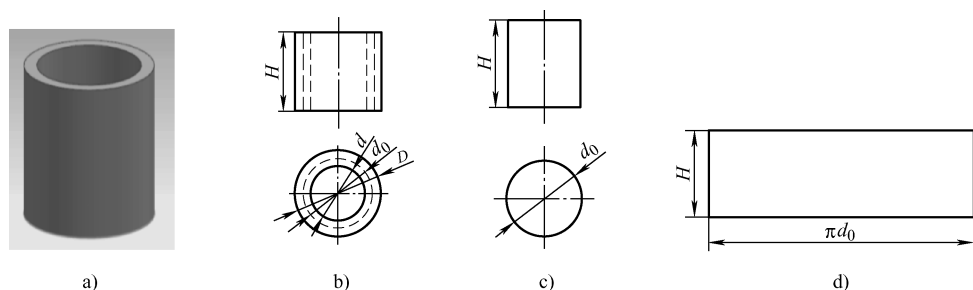
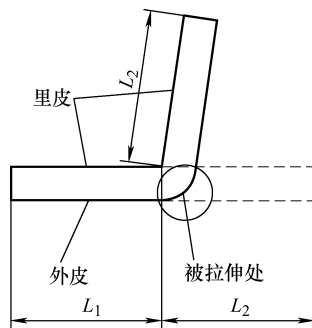


图 3-2 圆柱管的板厚处理

a) 圆柱管的立体图 b) 圆柱管的投影图 c) 圆柱管的放样图 d) 展开图

2. 平板构件的板厚处理

如图 3-3 所示，当板料弯成折线形状时（如方管、四棱台），金属的变形要比圆弧形的变形大，其里皮弯折处为半径很小的圆角，可以认为其半径为零，所以中性层的位置不在料厚的中间，而在板料的内壁附近处，所以，对于平板折弯构件，应以里皮尺寸绘制放样图，展开长度一般近似地按内表面的长度计算。



如图 3-4 所示，在图 3-4b 中，其高为 H ，外皮尺

图 3-3 板料折弯变形示意图

寸宽为 A 和 B ，里皮尺寸分别是 a 和 b ；在图 3-4c 中按里皮尺寸绘制，高仍为 H ，长和宽分别为 a 和 b ；在图 3-4d 所示展开图中，宽为 H ，长为 $2(a+b)$ 。

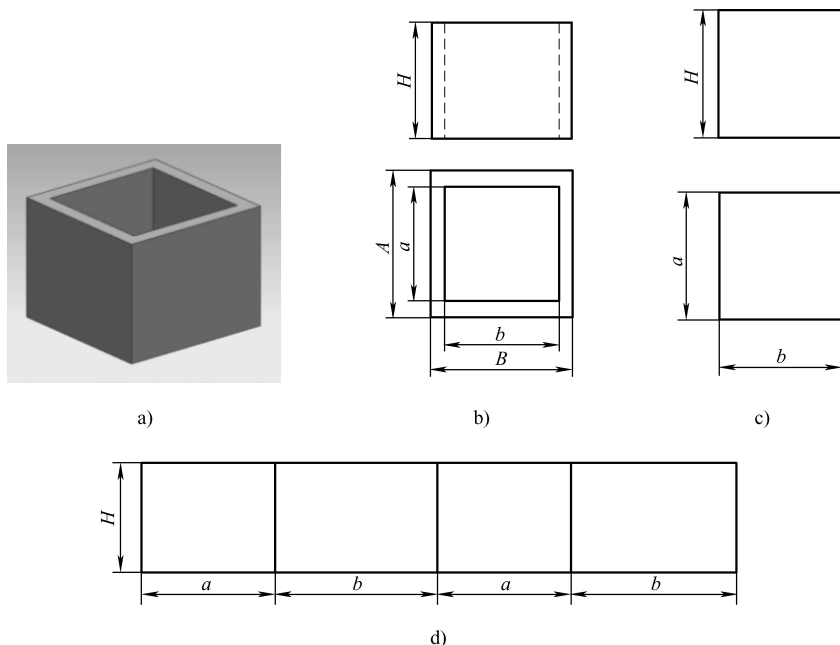


图 3-4 方管的板厚处理

a) 方管的立体图 b) 方管的投影图 c) 方管的放样图 d) 方管的展开图

3. 圆锥管的板厚处理

如图 3-5 所示，通过正圆锥管立体图和平面图可以看出，圆锥管用厚板卷制时，板厚对各项尺寸会产生显著的影响。正圆锥管展开后呈扇形。如图 3-5c 所示

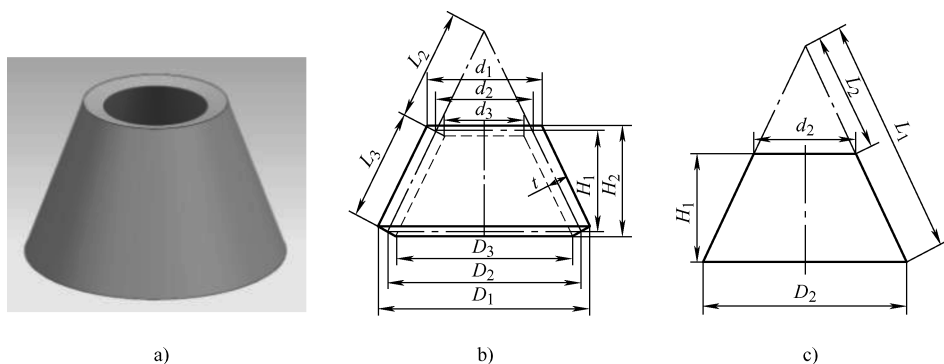


图 3-5 圆锥管的板厚处理

a) 圆锥管立体图 b) 圆锥管平面图 c) 圆锥管放样图

示,画放样图时下圆口选择板料中性层尺寸 D_2 ,上圆口选择板料中性层尺寸 d_2 ,高度尺寸选择 H_1 。展开后下口弧长应等于 πD_2 。

4. 四棱管板厚处理

如图 3-6 所示,通过正四棱管立体图和平面图可以看出,四棱管采用厚板折弯时,板厚对各项尺寸会产生显著的影响。正四棱管展开后呈扇形,如图 3-6b 所示,画放样图时下方口选择板料内表面尺寸 a ,上方口选择板料内表面尺寸 b ,高度尺寸选择 H_1 。

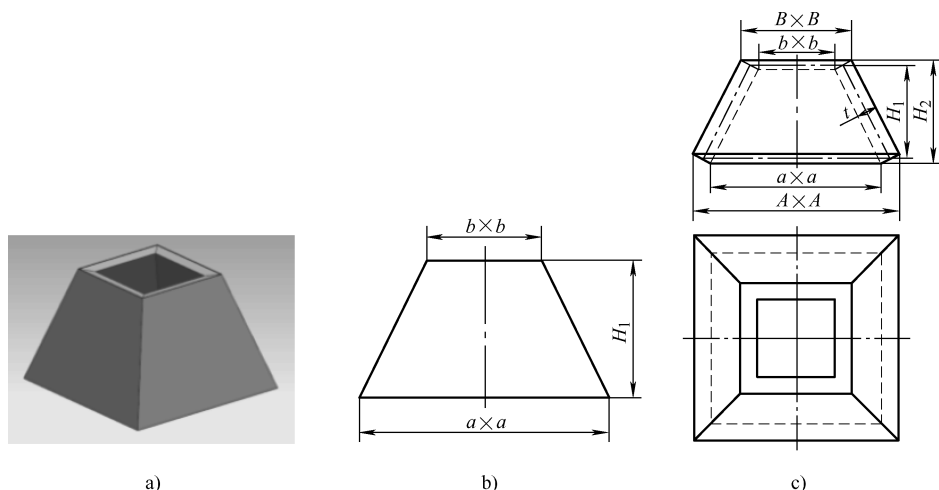


图 3-6 四棱管

a) 四棱管立体图 b) 折弯放样图 c) 折弯平面图

当四棱管采用四块板拼焊时,需要采用另一种方式来进行板厚处理,如图 3-7 所示,当相对的两块板夹住另两块板时,外侧两块夹板应按外表面尺寸 A 和 a 下料,内侧两块板应按内表面尺寸 B 和 b 下料。

5. 相贯构件的板厚处理

用厚板制成的相贯构件,若经过板厚处理,在拼接时接口会产生间隙。因此,相贯构件的板厚处理不仅要考虑到单个形体展开尺寸,还要处理好两个形体连接处接口的问题。

相贯构件板厚处理的一般原则是:展开长度以构件的中性层尺寸为准,展开图中曲线高度以构件接触处的高度为准。

相贯构件的板厚处理的方法有不开坡口处理和

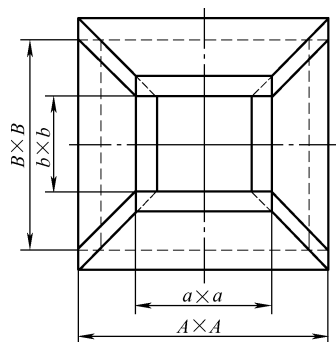


图 3-7 拼焊平面图

开坡口处理两种。下面以等径直角弯头为例来介绍两种方法的应用。

(1) 等径直角弯头接口处不开坡口时的板厚处理 接口采用不开坡口角接时, 必须进行板厚处理, 否则会使接口接触不严和两轴线间夹角小于 90° 。如图 3-8 所示, 要使两件的接触面互不干扰, 圆管的里面半圆是外皮接触, 外面半圆是里皮接触。画展开图时, 圆管里面接触的半圆按外皮半径画圆, 等分后, 向上投影, 按外皮投影取素线长; 圆管外面接触的半圆按里皮半径画圆, 等分后, 向上投影, 按里皮投影取素线长。圆筒展开长按板厚中心层尺寸计算。

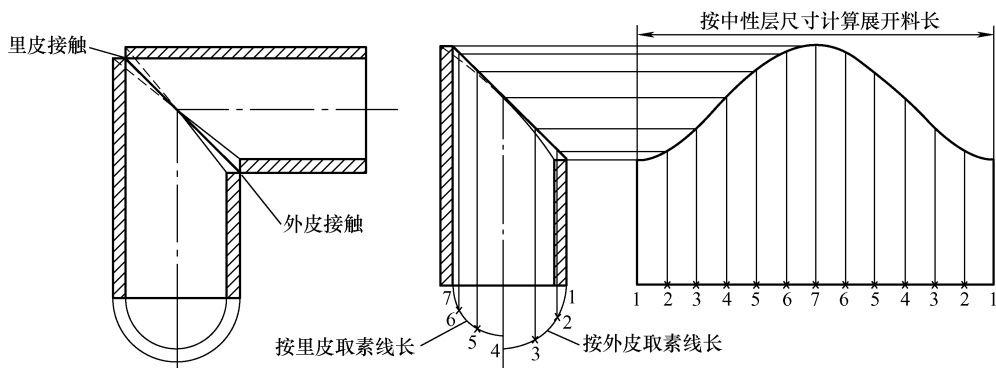


图 3-8 不开坡口板厚处理

(2) 等径直角弯头接口处开坡口时的板厚处理 开坡口是将板边切割成一定形状的斜坡, 可以调整接口接触部位, 改善焊接条件, 提高焊接强度。如图 3-9 所示, 开坡口后两件只有板厚中性层接触, 因此放样图只画板厚中心层就可以了。展开图的展开长度和展开高度都以板厚中心为准。

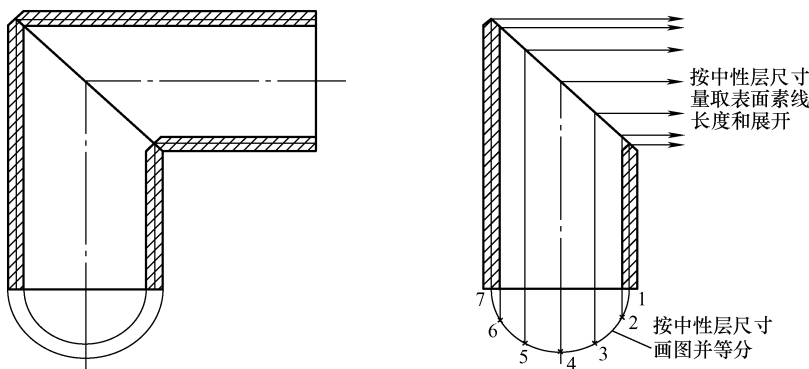


图 3-9 开坡口板厚处理

三、加工余量的确定

放样后材料要进行各种加工, 由于加工方法的不同, 对材料的损耗和引起的

变形不同，因此，在放样中零件尺寸应综合各种加工因素放出相应的加工余量，否则将会影响产品的质量，甚至报废。

1. 切削加工余量

冷作钣金加工后，要进行切削加工时，就必须在放样时留出其切削加工的余量，否则将无法加工。例如，放样切割后，边缘要进行刨边或铣边，应在原尺寸的基础上加放 3 ~ 5mm 的余量，见表 3-2。

表 3-2 刨、铣边的加工余量 (单位：mm)

材 料	边缘加工形式	钢 板 厚 度	最 小 余 量
低碳钢	剪切	≤16	2
低碳钢	剪切	> 16	3
各种材料	气割	各种厚度	4
优质低合金钢	剪切	各种厚度	>3

2. 气割和等离子切割余量

气割和等离子切割在加工过程中燃烧和熔化需要消耗部分材料，因此放样时，需要在零件与零件之间留出切割的间隙余量。材料加热后性质可能会发生变化，若产品要求高则应根据技术要求多留加工余量；若进行打孔，则应根据割件厚度取 5 ~ 10mm 的间隙。实际操作中，余量可按表 3-3 选取。

表 3-3 气割和等离子切割的间隙余量 (单位：mm)

材料厚度	气 割		等离子切割	
	手 工	半自动和自动	手 工	半自动和自动
≤10	2	1.5	4.5 ~ 5.5	2.0 ~ 2.4
12 ~ 30	2.5 ~ 3	2 ~ 2.5	5.5 ~ 6.5	2.2 ~ 2.5
32 ~ 50	3.5 ~ 4	2.5 ~ 3	6.5 ~ 8	3.5 ~ 3.3
52 ~ 70	4 ~ 4.5	3 ~ 3.5	—	—
80 ~ 100	4.5 ~ 5.5	3.5 ~ 4.5	—	—
110 ~ 130	5.5 ~ 6.5	4.5 ~ 5.5	—	—
140 ~ 200	7 ~ 8	5.5 ~ 6.5	—	—

3. 焊接收缩量

如图 3-10 所示，焊接时由于材料热胀冷缩，焊缝会产生纵向收缩和横向收缩，焊接后会造成构件变形和尺寸变小。为保证产品质量，放样时应考虑加放焊接收缩量。焊缝纵向收缩量随焊缝长度的增加而增加，横向收缩量一般大于纵

向收缩量，而且还与板厚和坡口形式有关。焊缝纵向收缩近似值见表 3-4，焊条电弧焊焊缝横向收缩近似值见表 3-5。

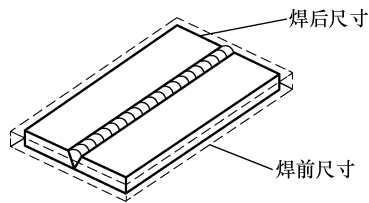


图 3-10 焊接收缩变形示意图

表 3-4 焊缝纵向收缩近似值 (单位：mm/m)

焊缝形式	对接焊缝	连续焊缝	间断焊缝
收缩量	0.15 ~ 0.3	0.2 ~ 0.4	0 ~ 0.1

表 3-5 焊条电弧焊焊缝横向收缩近似值 (单位：mm/m)

板厚 收缩量	接头类型					
	V 形对接	X 形对接	单面坡口十字角焊缝	有坡口单面角焊缝	有坡口双面角焊缝	双面间断角焊缝
5	1.3	1.2	1.6	0.8	0.9	0.4
6	1.3	1.7	1.6	0.8	0.9	0.3
8	1.4	1.3	1.8	0.8	0.9	0.3
10	1.6	1.4	2.0	0.8	0.9	0.25
12	1.8	1.6	2.1	0.7	0.9	0.2
14	1.9	1.7	2.3	0.7	0.8	0.2
16	2.1	1.9	2.5	0.6	0.8	0.2
18	2.4	2.1	2.7	0.6	0.7	0.2
20	2.6	2.4	3.0	0.6	0.7	0.2
22	2.8	2.6	3.2	0.4	0.5	0.2
24	3.1	2.8	3.5	0.4	0.4	0.2

焊缝的收缩量还跟材料的膨胀系数有关，随材料的膨胀系数增大而增大。同时多层多道焊接时，第一层的收缩量最大，第二层的收缩量约是第一层收缩量的 20%，第三层收缩量大约是第一层收缩量的 5% ~ 10%，最后几层将更小。

4. 夹持余量

夹持余量是坯料在成形时，供设备定位、夹紧，或在成形中提供扭矩、弯矩所加放出的多余材料，待工件成形后再通过切割去除，否则工件难以加工成形。

不同的加工设备、加工工艺，所加放的夹持余量各不相同。通常弯曲件在其展开长度的基础上，加放用于成形的夹持余量长度为原材料的弯曲方向宽度的 2 ~ 3 倍。

如图 3-11 所示， $\phi 25\text{mm}$ 圆钢弯曲成 $R75\text{mm}$ 内圆弧，展开长度为 274.89mm ，两端各放 2 倍圆钢直径，下料长度应为 374.89mm 。

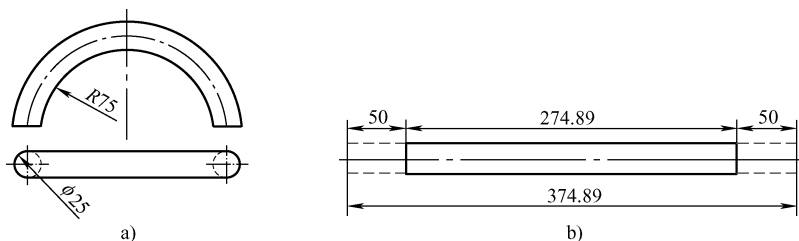


图 3-11 圆钢的夹持余量
a) 圆钢弯曲三视图 b) 下料图

5. 成形余量

在生产中，成形和热加工等原因会造成材料的厚度减薄和其他尺寸的变化，因此，在原材料放样时，应根据不同的工艺情况加放成形余量。影响成形余量的因素见表 3-6。

表 3-6 影响成形余量的因素

影响 因素	说 明
材料 加热 时的 损耗	材料在加热时因表面氧化而生成氧化皮，在后序加工中必然脱落或加工去除，使材料厚度减薄。氧化皮的厚度与加热条件、时间、次数和温度高低有关
工件 热成形 的厚 度减薄	材料加热后具有良好的塑性，在加工成形时，必然产生厚度变薄现象。钢材热卷后减薄量为原厚度的 5% ~ 6%，碳素钢球形封头压延后变薄量最大的为底部，变薄量可达原板厚的 12% ~ 14%
材料 局部 受热而 收缩	与焊接收缩一样，材料在水火弯曲成形和火焰矫正时，材料局部加热和冷却，将引起收缩变形，会引起工件尺寸的减小

6. 咬缝余量

板厚在 1.5mm 以下的薄板构件，两块板料的交接处常采用咬缝连接。也就是将两块板料的边缘折转、扣合，彼此压紧在一起，咬缝的宽度 L 和板厚有关。若板的厚度为 δ ，一般选取 $L = (8 - 12) \delta$ ， B 的长度一般选 $5 \sim 10\text{mm}$ 。

绘制具有咬缝的构件的展开图，必须根据接缝处咬缝的形式，外加用于咬缝的余量，见表 3-7。如图 3-12 所示，作出它的展开图后，在上部曲线边外侧加放

了余量 Δ_3 ，在左右直边外侧加放了余量 Δ_1 和 Δ_2 ，制作构件时，应按双点画线绘制的轮廓线下料。

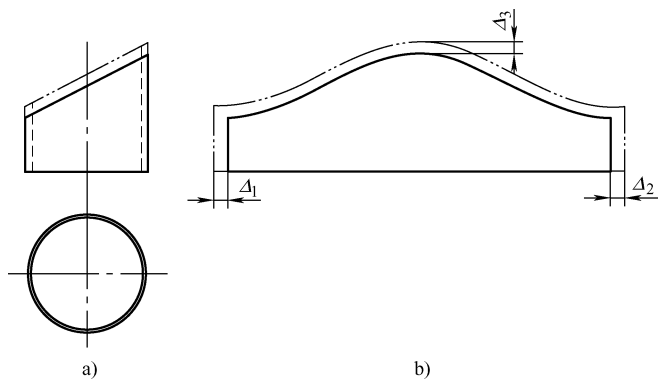
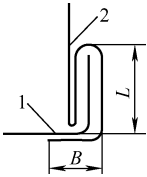
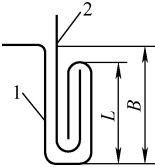


图 3-12 展开图上的咬缝余量
a) 三视图 b) 放样图

表 3-7 咬缝形式和余量

咬 缝 形 式	图 示	加 工 余 量	
		件 1	件 2
平接单扣		2L	L
平接单扣		1.5L	1.5L
平接双扣		3L	2L
外角接单扣		2L	L
内角接单扣		2L	L

(续)

咬缝形式	图 示	加工余量	
		件 1	件 2
联合角接		L	$2L + B$
嵌底角接		$L + B$	$2L + B$

7. 卷边余量

为了增加薄板构件边缘的刚度和消除飞边，可将构件边缘卷成圆管，这种结构叫做卷边。卷成的圆管可为空心的，也可在圆管中嵌铁丝。用于卷边余量（见图 3-13）按下面公式计算。即

$$\Delta = \frac{D}{2} + \frac{3\pi}{4}(D + \delta) = 0.5D + 2.35(D + \delta)$$

式中 Δ ——余量；

δ ——板厚；

D ——圆管内径或铁丝直径，最少是板厚的 3 倍。

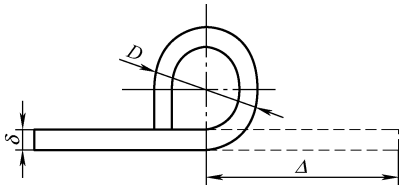


图 3-13 卷边余量

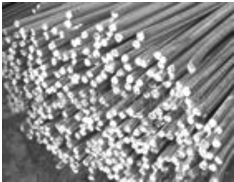
四、钢材弯曲料长计算

钢材弯曲分为不开切口弯曲和开切口弯曲两种。

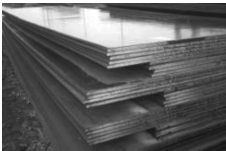
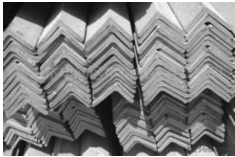
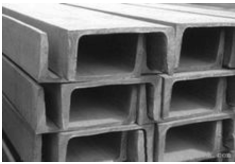
1. 开切口弯曲

在计算钢材弯曲件下料长度（见表 3-8）时，圆钢、钢板、扁钢圆弧部分半径 R 值取至中性层，角钢、槽钢圆弧部分半径 R 值取至中性层。

表 3-8 钢材任意角度料长计算公式 (单位：mm)

钢材品种	图 片	计 算 公 式	符 号 含 义
圆钢		$L = l + 2\pi\alpha (r + d/2) / 360^\circ$	L ——总料长 l ——直线部分 α ——弯曲角度 r ——弯曲弧内径 d ——圆钢直径

(续)

钢材品种	图 片	计 算 公 式	符 号 含 义
钢板		$L = l + 2\pi\alpha (r + K\delta/2) / 360^\circ$	L ——总料长 l ——直线部分 α ——弯曲角度 r ——弯曲弧内半径 K ——中性层系数 δ ——板厚
扁钢		$L = l + \pi\alpha (D - b/2) / 360^\circ$	L ——总料长 l ——直线部分 α ——弯曲角度 D ——弯曲弧外径 b ——面宽
角钢		$L_{内} = l + 2\pi\alpha (R - Z_0) / 360^\circ$ $L_{外} = l + 2\pi\alpha (r + Z_0) / 360^\circ$	$L_{内}$ 、 $L_{外}$ ——总料长 l ——直线部分 α ——弯曲角度 R ——弯曲弧外径 r ——弯曲弧内径 Z_0 ——角钢重心距
槽钢		$L_{平} = l + 2\pi\alpha (r + h/2) / 360^\circ$ $L_{外} = l + 2\pi\alpha (r + Z_0) / 360^\circ$	$L_{平}$ 、 $L_{外}$ ——总料长 l ——直线部分 α ——弯曲角度 r ——弯曲弧内径 Z_0 ——槽钢重心距 h ——槽钢面宽

(1) 圆钢弯曲料长计算实例 将 $\phi 20\text{mm}$ 圆钢弯曲成如图 3-14 所示的 U 形件，求其下料长度。

解： $L = l + 2\pi\alpha(R - d/2)/360^\circ$

$$= [100 + 140 + 2 \times \pi \times 120^\circ \times (100 - 20/2)/360^\circ] \text{mm}$$
$$= (240 + 188.49) \text{mm} \approx 428.5 \text{mm}$$

答：需要料长 428.5mm。

(2) 钢板弯曲料长计算实例 将板宽为 80mm 的钢板折弯为如图 3-15 所示的 U 形件，求其下料长度。

解：由 $r/\delta = 1$ ，根据表 3-9 得 $K = 0.4$ ，则

$$L = l + 2\pi\alpha(r + K\delta/2)/360^\circ$$
$$= [100 + 70 - 4 \times 10 + 2 \times \pi \times 180^\circ \times (10 + 0.4 \times 10/2)/360^\circ] \text{mm}$$
$$= (130 + 37.698) \text{mm} = 167.698 \text{mm} \approx 168 \text{mm}$$

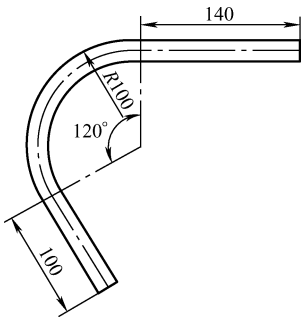


图 3-14 圆钢弯曲

答：需要料长 168mm。

表 3-9 中性层系数 K 值表

r/δ	0.3	0.4	0.5	0.8	1.0	1.5	2.0	3.0	5.0
K	0.35		0.36	0.38	0.4	0.42	0.44	0.47	0.48

(3) 扁钢弯曲料长计算 将宽度为 40mm 的扁钢板弯曲成如图 3-16 所示的圆环，求其下料长度。

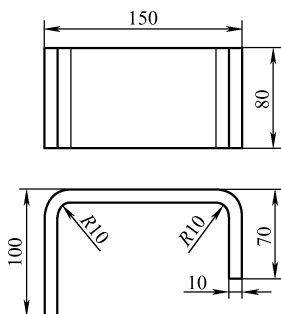


图 3-15 钢板弯曲

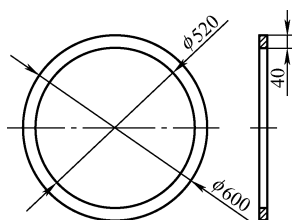


图 3-16 圆环

$$\begin{aligned}
 \text{解: } L &= \pi(D - b/2) \\
 &= [\pi \times (600 - 40/2)] \text{ mm} \\
 &= 1822 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

答：需要料长 1822mm。

(4) 角钢弯曲料长计算 将 40mm × 40mm × 5mm 的角钢内弯曲成如图 3-17 所示的 L 形件，查表得 $Z_0 = 11.7 \text{ mm}$ ，求其下料长度。

$$\begin{aligned}
 \text{解: } L_{\text{内}} &= l + 2\pi\alpha(R - Z_0)/360^\circ \\
 &= [160 + 150 + 2 \times \pi \times 90^\circ \times (100 - 11.7)/360^\circ] \text{ mm} \\
 &= (310 + 138.7) \text{ mm} \\
 &= 448.7 \text{ mm} \approx 449 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

答：需要料长 449mm。

(5) 槽钢弯曲料长计算 将 50mm × 37mm × 4.5mm 的槽钢外弯曲成如图 3-18 所示的 L 形件，由表查得 $Z_0 = 13.5 \text{ mm}$ ，求其下料长度。

$$\begin{aligned}
 \text{解: } L_{\text{外}} &= l + 2\pi\alpha(r + Z_0)/360^\circ \\
 &= [110 + 120 + 2 \times \pi \times 90^\circ \times (60 + 13.5)/360^\circ] \text{ mm} \\
 &= (230 + 115.45) \text{ mm} \approx 345 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

答：需要料长 345mm。

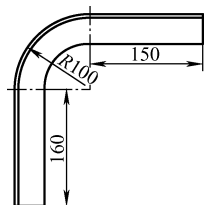


图 3-17 角钢内弯

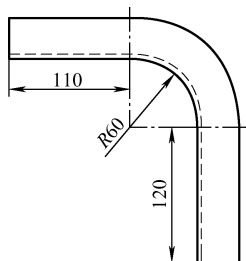
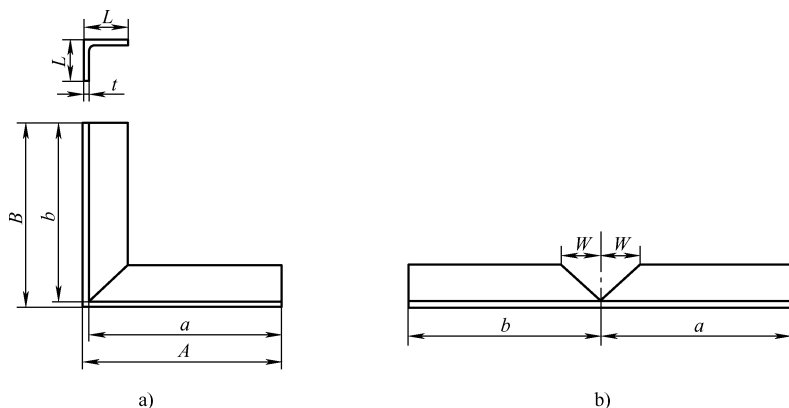


图 3-18 槽钢外弯

2. 型钢开切口弯曲

型钢如果直接弯曲，不仅截面容易产生畸变，同时对设备的要求较高，所以开切口弯曲在实际生产中占有很大的比重。下面介绍角钢和槽钢常用的切口形状和计算料长的方法。

(1) 等边角钢内弯 90° 折角（见图 3-19）的料长和切口形状 公式： A 边下料长度 $a = A - t$ ， B 边下料长度 $b = B - t$ ，切角尺寸 $W = L - t$ 。


 图 3-19 等边角钢内弯 90° 折角

a) 视图 b) 展开图

(2) 等边角钢内弯锐折角（见图 3-20）的料长和切口形状 公式： B 边下料长度 $b = B - t \cot \frac{\alpha}{2}$ ， D 边下料长度 $d = D - t \cot \frac{\alpha}{2}$ ，切角尺寸 $W = (L - t) \cot \frac{\alpha}{2}$ 。

(3) 等边角钢内弯 90° 圆角（见图 3-21）的料长和切口形状 公式：直边下料长度 $a = A - L$ ，直边下料长度 $b = B - L$ ，圆弧展开长度 $S = 1.57(L - \frac{t}{2})$ 。

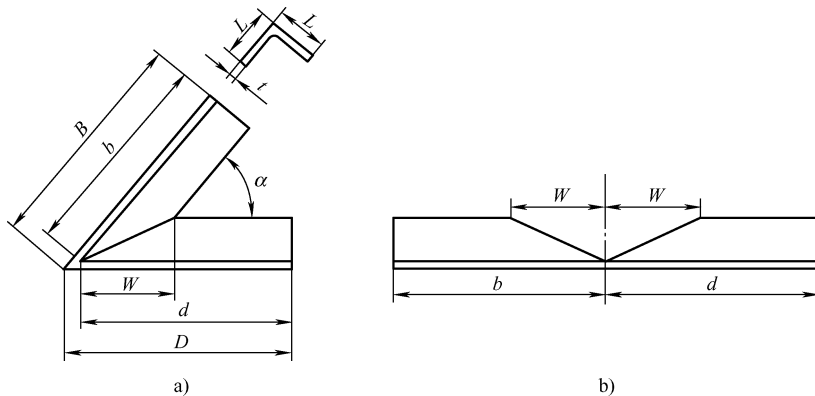


图 3-20 等边角钢内弯锐折角

a) 视图 b) 展开图

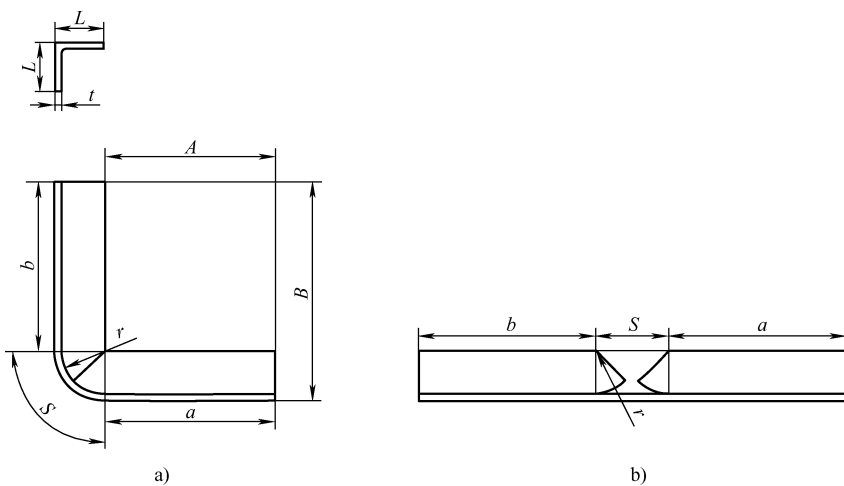


图 3-21 等边角钢内弯 90°圆角

a) 视图 b) 展开图

(4) 等边角钢内弯任意角度圆角 (见图 3-22) 的料长和切口形状 公式:
直边下料长度 $d = D - Lt \cot \frac{\alpha}{2}$, 直边下料长度 $b = B - Lt \cot \frac{\alpha}{2}$, 圆弧展开长度

$$S = \frac{\pi(180^\circ - \alpha)(L - \frac{t}{2})}{180^\circ}。$$

(5) 槽钢立弯 90°折角 (见图 3-23) 的料长和切口形状 公式: b 边下料长度 $b = B - t$, a 边下料长度 $a = A - t$, 切角尺寸 $D = W - t$ 。

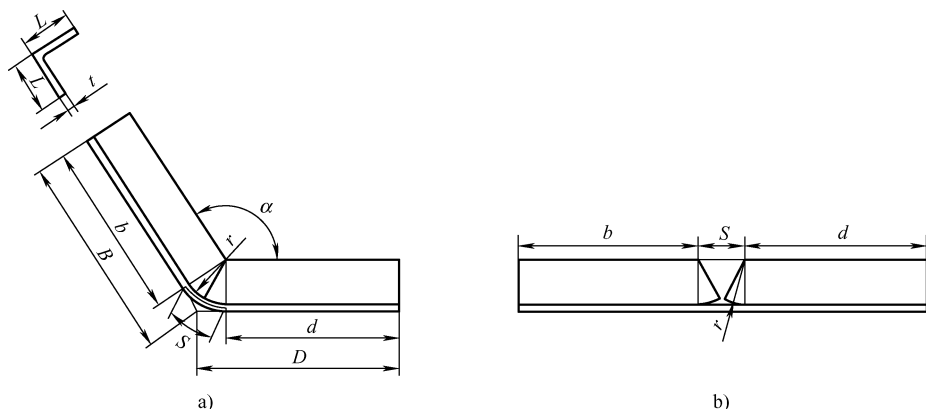


图 3-22 等边角钢内弯任意角度圆角

a) 视图 b) 展开图

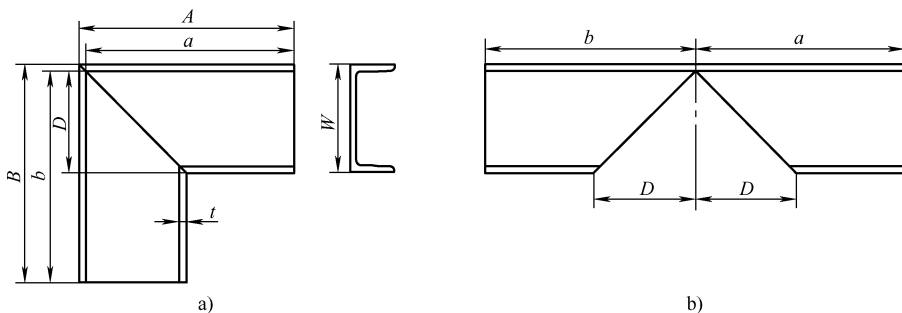


图 3-23 槽钢立弯 90°折角

a) 视图 b) 展开图

(6) 槽钢立弯任意角度折角 (见图 3-24) 的料长和切口形状 公式: b 边下料长度 $b = B - t \cot \frac{\alpha}{2}$, a 边下料长度 $a = A - t \cot \frac{\alpha}{2}$, 切角尺寸 $D = (W - t) \cot \frac{\alpha}{2}$ 。

(7) 槽钢立弯 90°圆角 (见图 3-25) 的料长和切口形状 公式: 切口展开圆弧长度 $S = \frac{\pi(D - \frac{t}{2})}{2}$, 式中 $D = W - t$ 。

(8) 槽钢立弯任意角度圆角 (见图 3-26) 的料长和切口形状 公式: c 边下料长度 $c = C - W \cot \frac{\alpha}{2}$, b 边下料长度 $b = B - W \cot \frac{\alpha}{2}$, 展开下料弧长 $S = 2\pi(W - \frac{t}{2}) \frac{180^\circ - \alpha}{2}$ 。

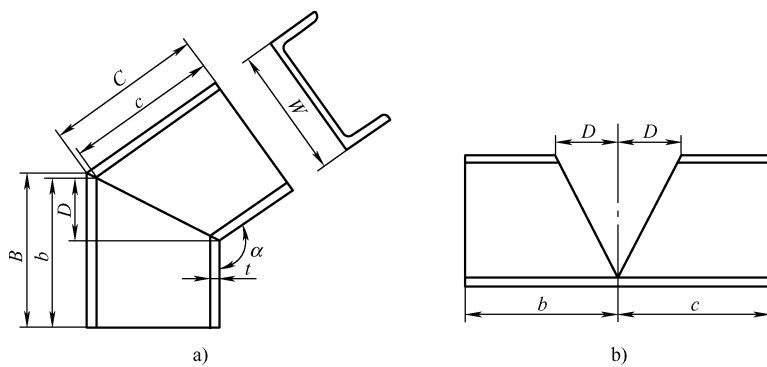


图 3-24 槽钢立弯任意角度折角
a) 视图 b) 展开图

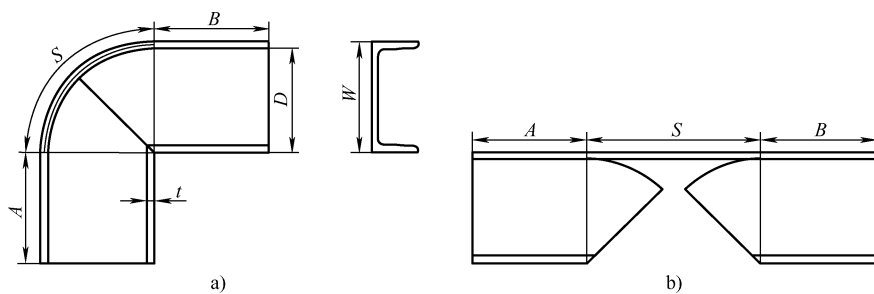


图 3-25 槽钢立弯 90°圆角
a) 视图 b) 展开图

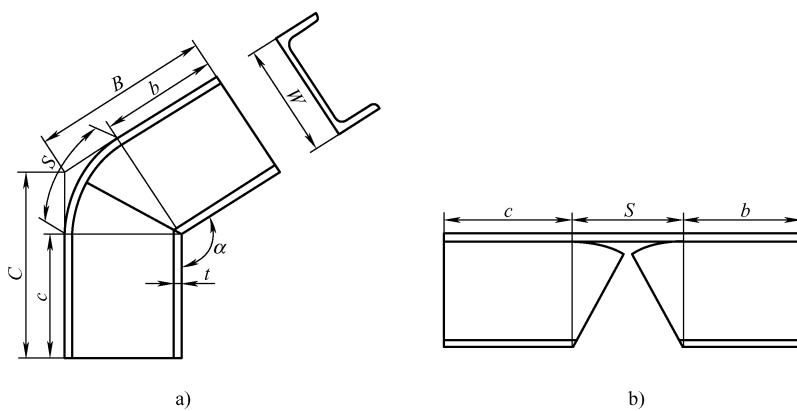


图 3-26 槽钢立弯任意角度圆角
a) 视图 b) 展开图

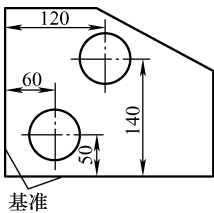
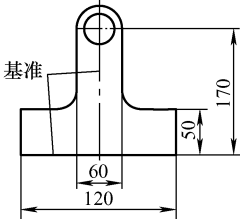
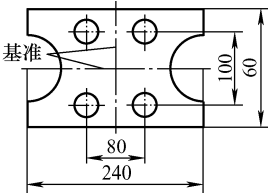
第二节 冷作钣金划线

一、划线基准选择

划线基准是指在零件、部件上起决定作用的基准面和线。零、部件上用来确定其他点、线、面位置的依据，称为设计基准。划线基准应与设计基准保持一致，这是确定划线基准的原则。

由设计基准确定划线基准后，还应根据具体情况选择划线基准。一般依据表 3-10 的三种类型来选择。

表 3-10 划线基准的选择方法

两个互相垂直的平面（线）	两条中心线	一个平面和一条中心线
		

二、划线基本规则和常用符号

1. 划线基本规则

- 1) 首先应检验钢材的牌号、规格和质量是否符合技术要求，如表面有波浪或凹凸不平应予以矫正。
- 2) 划线量具要定期检验校正。
- 3) 垂直线必须用作图法划，不能用角度尺或直角尺划。
- 4) 用圆规在钢板上划圆、圆弧或分量尺寸时，为防止圆规脚尖滑动，应先冲出样冲眼。
- 5) 当所划的直线长度超过直尺时，必须用粉线一次弹出；超长直线分段划时，其段与段两端直线应有一定的重合度，且重合长度不能太短，否则直线难以平直。

2. 划线常用符号

为了准确表达划线后应进行加工的工序性质、内容和范围，常在钢板划线的零件上标出各种工序符号，常用的符号和说明见表 3-11。

表 3-11 划线符号和说明

名 称	符 号	说 明
切割线		在直线上打样冲眼，表示切割线
		在直线上打样冲眼，表示切割线
		在直线上打样冲眼，表示剪切或切割后斜线一侧为余料
中心线		在直线上两端打样冲眼三个，并注明符号
对称线		在直线上两端打样冲眼三个，并注明符号。表示零件图形或样板图形在直线两侧左右对称
折弯线		在直线上两端打样冲眼三个，标明符号和说明。表示零件折弯成一定角度或直角
卷圆线		反卷圈后标记位于圆筒外侧，正卷圈后标记位于圆内侧
机加线		在直线上两端打样冲眼三个，标明符号和说明。表示零件加工边以此线为准

第三节 冷作钣金放样

一、常用几何作图方法

冷作工在制作构件时，一般都要在金属薄板上用专门的划线工具划出所需的平面图形，然后再下料制作。根据问题的具体要求，几何作图有直线、平行线、垂线、等分线段、角度及其等分、圆弧连接和规则的图形等。冷作工作图的基本工具有钢直尺、划规、划针、样冲和钢卷尺等。为能清晰地显示所划的线条，在被划线部分的表面，还要事先涂上着色剂。

1. 直线、平行线、垂线的作图方法

(1) 直线 作小型构件展开图时，直线一般是用划针配合钢直尺划出来的。对于长度大于1m 的直线，可将细棉线两端拉紧，然后在线的中部轻轻提起再放松，使细线在构件上弹出一道带色的（白色粉末最常用）直线作为划线的基础。

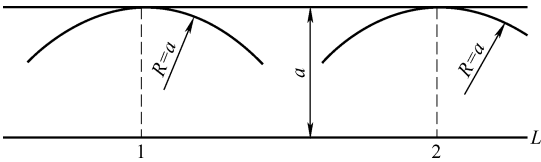


图 3-27 平行线划法

(2) 平行线 平行线的划法如图 3-27 所示。求作平行于已知

直线 L 且相距为 a 的平行线时，可在直线 L 上任取两点 1、2，并用样冲冲出两个小坑，将划规两脚尖的距离在钢直尺上定为 a ，分别以 1、2 为圆心划出两段圆弧，再作两圆弧的外公切线。此公切线即是所求的平行线。

(3) 线段的等分 等分线段的方法如图 3-28 所示。欲将线段 1—2 分成六等分。可过端点 2 作一射线 2—9。在线段 2—9 上，以划规的适当开度为定长，依次截取六个分点，3、4、5、6、7、8。连接线段 1—8，通过 3、4、5、6、7 各分点作平行于线段 1—8 的平行线，分别交直线 1—2 于 3'、4'、5'、6'、7'。所得的交点即是线段 1—2 的六等分点。

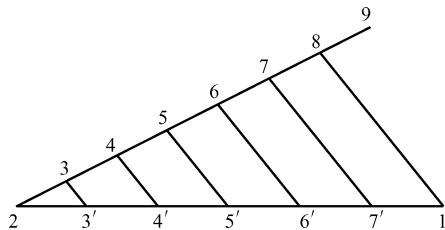


图 3-28 线段的等分

(4) 垂线 垂线的作图方法有三种，一是利用中垂线性质，二是利用 30° 角的直角三角形性质，三是利用圆周角与圆心角的关系。三种作图方法详见表 3-12。

表 3-12 垂线的作图方法

方 法	图 示	说 明
利用中垂线性质作垂线		利用中垂线作垂线的方法如图所示，在直线 a 上任取一点 1 为圆心，任意长度 R 为半径，划弧交直线 a 于 2、2' 点；以大于 R 的长度 r 为半径，分别以 2、2' 为圆心划圆弧交于 3、4 两点，连接 3、4 两点的直线即是直线 a 的垂线
利用半圆法作垂线		如图所示，利用圆周角等于圆心角的一半，引入半圆法作垂线。在直线 a 上任取一点 1，作一斜直线 1—2，以直线段 1—2 为半径作半圆交直线 a 于点 4，连接 2—4 两点的直线即为直线 a 的垂线
利用直角三角形的性质作垂线		在具有一个 30° 锐角的直角三角形中， 30° 角的对边长度是直角三角形斜边长度的一半。利用这一性质作垂线方法如图所示。过直线 L 上任意点 A 作垂线时，以适当的长度为半径划弧，交 L 于 B ；分别以 A 、 B 为圆心，保持原有的半径不变作两弧交于 C 点；作射线 BC ，并以 C 为圆心，以原有半径再划弧，交于射线的 D 点，连接 DA 即是直线 L 的垂线

2. 角及角的等分

(1) 角的作图方法 (见表 3-13)

表 3-13 常用角的作图方法

角 度	图 示	说 明
30°角的作图方法		如图所示, 在水平线上任取一点 O 为圆心、适当的长度为半径作圆弧交水平直线于 B 、 C 两点, 再分别以 O 、 C 为圆心, 仍以 OC 为半径作两圆弧交于 A 点, 作直线 AB , 则 $\angle ABC$ 即是所求的 30° 角
60°角的作图方法		如图所示, 在水平线上任取 B 、 C 两点, 分别以 B 、 C 两点为圆心、 BC 为半径作圆弧交于 A 点, 连接 AB , 则 $\angle ABC$ 为 60° 角
任意角度的作图方法		如图所示, 以 57.3mm 为半径划圆弧。在该圆弧上以 1mm 为间距等分, 相邻两分点对应的圆心角为 1° 。如图所示为 75° 角和 95° 角, 对应的弧长为 75mm 与 95mm

(2) 角的等分 (见表 3-14)

表 3-14 角的等分作图方法

等 分 数	图 示	说 明
二等分法		如图所示, 以角的顶点 B 为圆心, 任意长度为半径作弧交两边于 A 、 C 两点, 再以 A 、 C 为圆心, 任意长度为半径作两圆弧交于 D , 连接 BD , 则 $\angle DBC$ 即为 $\angle ABC$ 的半角

(续)

等分数	图 示	说 明
三等分法		将一直角分成三等分的作图方法如图所示。以直角顶点 O 为圆心, 适当长度为半径划圆弧交两直角边于 A 、 B 两点, 再以 A 、 B 两点为圆心, 以 OA (或 OB) 为半径划圆弧交 $\widehat{AB}$ 于 1、2 两点, 连接 O_1 、 O_2 即得所求直角的三等分角

3. 圆弧的划法、等分及连接

(1) 圆弧的作图方法 (见表 3-15)

表 3-15 求作圆弧的方法

条 件	图 示	说 明
过两点作圆弧		如图所示, 分别以定点 1、2 为圆心, 半径为 R 作两弧交于点 3, 再以点 3 为圆心, 以 R 为半径划圆弧, 则该圆弧必然通过 1、2 两点
过三点作圆弧		如图所示, A 、 B 、 C 三点不同在一直线上。分别作 AB 、 BC 的中垂线交于 O 点。以 O 点为圆心, OA (或 OB) 为半径作圆弧。此圆弧即满足所提的要求
作大圆弧		画直线 AB , 并作垂直平分线 CD ; 连接 AC , 作 CG 平行 AB , AG 垂直于 AC , AE 垂直于 CG ; 分别四等分 AE 、 AD 、 CG , 用直线连接 AD 与 CG 上的各等分点; 与 C 点和 AE 上各等分点的连线相交; 以光滑曲线连接各交点, 即得大圆弧

(2) 圆弧的等分 这里主要介绍圆弧的偶数等分, 如二、四、八、十六等分法。图 3-29 所示为圆弧的四等分的作图方法, 作弦 AB 的中垂线交圆弧于点 1, 点

1 将 $\widehat{AB}$ 平分；作弦 $B-1$ 、 $A-1$ 的中垂线交圆弧于 3、2 两点，于是 2、3、1 三点将 AB 四等分。仿照上述作图方法，可以继续等分下去，可得圆弧八等分，十六等分。

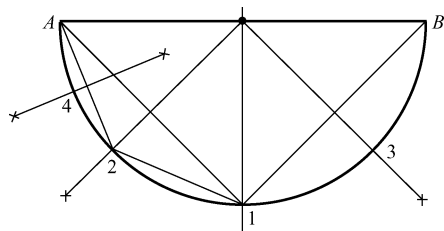


图 3-29 圆弧的偶数等分

(3) 圆弧连接

1) 用圆弧连接两相交直线。图 3-30 所示为用已知半径 R 的圆弧连接两相交直线的作圆方法。分别作距离两直线为 R 的平行线，以两平行线交点 O 为圆心，以 R 为半径划弧 45 为所求的结果。

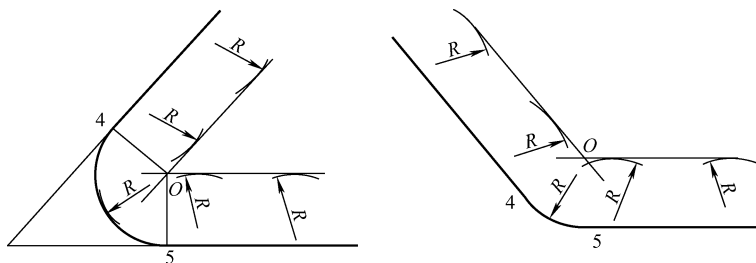


图 3-30 圆弧连接两相交直线

2) 用圆弧连接一直线与圆弧。图 3-31 所示为用半径 R_1 的圆弧连接直线与另一圆弧的作图方法，作图方法为：以 $R + R_1$ 为半径，以 O 为圆心作圆弧，作平行于直线 1—2，距离为 R_1 的平行线与上述圆弧相交于 O_1 ，以 O_1 为圆心，以 R_1 为半径划圆弧即可得到光滑的连接弧 34。

4. 多边形作图方法

(1) 三角形的作图方法 已知三角形三边长为 a 、 b 、 c ，作三角形如图 3-32 所示。在直线上截取线段 1—2，使其长度为 a ，分别以 1、2 两点为圆心，以 b 、 c 为半径作圆弧交于点 3、连接 1—2、2—3、3—1 即为所求三角形。

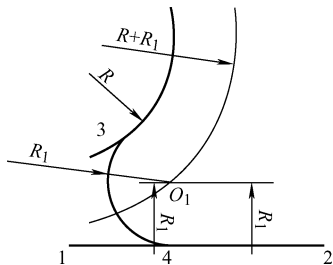


图 3-31 圆弧连接直线与圆弧

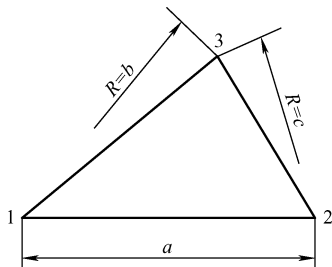


图 3-32 三角形作图方法

(2) 矩形作图方法 已知两边长为 a 和 b 作一矩形。如图 3-33 所示, 矩形的作图方法很多, 这里介绍其中之一。

首先, 计算出对角线长度 c , 然后在基准线上截取长度等于 b 的线段 1—2。以点 1 为圆心, 分别以 a 、 c 为半径作两圆弧; 以点 2 为圆心, 分别以 a 、 c 为半径作两圆弧与前两弧交于点 4、3, 则点 1、2、3、4 连成的矩形即为所求。

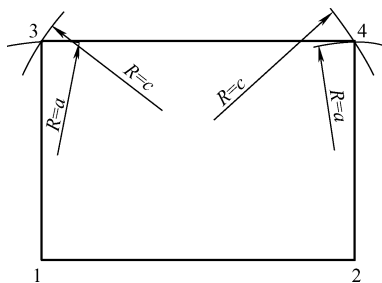


图 3-33 矩形作图方法

(3) 作图法求任意多边形 如图 3-34 所示, 以 a 为圆心, 线段 ab 长为半径画半圆, 并将此半圆等分为八等分, 然后, 连接 $a2$, 并以点 2 为圆心, ab 长为半径画弧, 交 $a3$ 的延伸线于 d ; 依此类推, 得到点 e 、 f 、 g 与 h 。最后再连接各点就成一正八边形。注意: 这种几何画法可以得到任意正多边形。

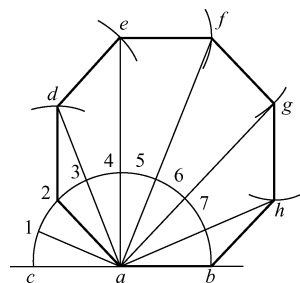


图 3-34 任意多边形作图方法

(4) 圆内等分和内接正多边形 已知半径为 R 的圆周, 作三、五、六、七等分, 其作图方法见表 3-16。

(5) 计算法求任意多边形 圆的等分弦长 ρ 可通过下式计算, 即

$$\rho = KD$$

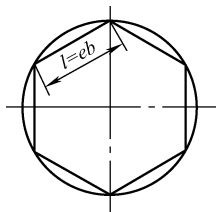
式中 D ——圆的直径;

K ——系数, 取决于等分数 n , 应用时, K 可以查表 3-17 得到。

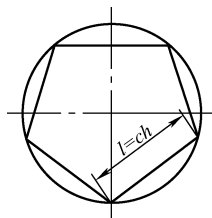
表 3-16 圆内等分和内接正多边形作法

以 b 为圆心, R 为半径作弧交圆周于 e、f, 连接 ef 交水平中心线于 g	取 ef 之长, 分量圆周得三等分, 连接各等分点得正三边形	取 eg 或 gf 之长, 分量圆周得七等分, 连接各等分点得正七边形
--	--	--

(续)



在以上作图的基础上连接 eb ，取 eb 之长，分量圆周六等分，连接点得正六边形



在以上作图的基础上，以 g 点为圆心， cg 为半径作弧交水平中心线于 h 点，量取 ch 之长，分量圆周得五等分，连接各点得正五边形

表 3-17 圆周的等分系数 K 值

n	K	n	K	n	K	n	K	n	K
1	0.00000	9	0.34202	17	0.18375	25	0.12533	33	0.09506
2	1.00000	10	0.30902	18	0.17365	26	0.12054	34	0.09227
3	0.86603	11	0.28173	19	0.16459	27	0.11609	35	0.08964
4	0.70711	12	0.25882	20	0.15643	28	0.11196	36	0.08716
5	0.58779	13	0.23932	21	0.14904	29	0.10812	37	0.08481
6	0.50000	14	0.22252	22	0.14231	30	0.10453	38	0.08258
7	0.43388	15	0.20791	23	0.13617	31	0.10117	39	0.08047
8	0.38268	16	0.19509	24	0.13053	32	0.09802	40	0.07846

二、放样基准选择

放样基准是指放样时的起点和基准线。由于零、部件有长、宽、高三个方向的尺寸。因此，每一个方向至少要有一个基准。

至于基准的确定，一般零、部件的放样基准应与设计基准保持一致。通常情况下可按以下三种类型进行选择。

- 1) 以中心对称轴线为基准。
- 2) 以两个互相垂直的平面（线）为基准。
- 3) 以一个平面和一条中心线为基准。

三、放样基本步骤

目前广泛采用的是实尺放样，其基本步骤为：

1) 研究分析图样，了解产品的结构、技术要求和工艺流程。通过分析得出图样中的各零、部件的形状、尺寸大小和空间位置。

2) 合理选择放样基准。

3) 确定加工余量。放样后要要进行各种加工，不同的加工方法会使材料发生尺寸的变化，因此应根据后续加工的内容适当加放余量，以保证产品质量。

4) 放样过程。划出基准线并确定其他点、线、面的位置；运用几何作图方法完成整个划线过程。在中心线和外形轮廓线等部位打上样冲眼做好标记，最后根据后续加工的需要，标明零件的编号、数量和加工符号。

5) 制作样板和样杆。样板和样杆是通过放样按零件的形状和尺寸加工而成的，为保证放样尺寸，其加工精度应高于零件。样板按用途可分为号料样板、成形样板、检验样板和装配样板。样板制作完成后，应标明名称、编号、材料、规格和用途。

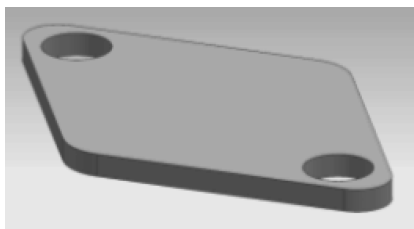


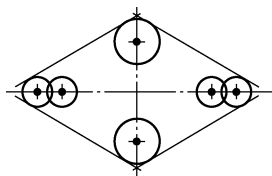
图 3-35 端板立体图

以端板放样为实例，介绍其放样过程，见表 3-18。端板立体图如图 3-35 所示。

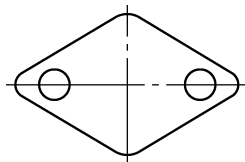
表 3-18 端板放样过程

① 端板外形轮廓为一块菱形板倒圆角，并钻有两个 $\phi 60\text{mm}$ 的圆孔，孔距为 300cm	② 作放样基准。划一直线，并以 O 点为圆心划圆，相交直线于 A、B 两点。分别以 A、B 为圆心，R 为半径划圆，交于 C、D 两点，连接 C、D 得垂线
③ 以两条垂直中心线为基准，按图样尺寸分别确定各圆弧和圆的圆心，冲上样冲眼	④ 按图样分别以半径 $R30$、$R45$ 划圆

(续)



⑤ 作直线与相应圆相切，得外形轮廓直线部分



⑥ 去掉多余线段，并标出相应切割符号，完成放样图

第四节 相 贯 线

一、相贯线的性质

构件往往是由两个或两个以上的基本立体，通过不同的方式组合而形成的。两立体相交称为两立体相贯，如图 3-36 所示，当两立体相交时，表面产生的交线，称为相贯线。



图 3-36 两立体相贯

由于两立体形状不一样，相对位置不同，因而相贯线的形状也各不相同，但都有以下两个基本性质：

1) 由于立体的表面是封闭的，因此，相贯线一般也是封闭空间曲线和直线。但当两立体的表面处在同一平面上时，两立体在此平面上没有共有线，相贯线是不封闭的。

2) 相贯线是两立体表面的共有线，也是两立体表面的分界线，故相贯线上所有的点都是两立体表面的共有点。

相交的两曲面之一全是平面或柱面，当平面垂直于投影面，或柱面的素线垂直于投影面时，平面或柱面在该投影面上的投影积聚为线（直线或曲线）。相贯线属于该面，其投影应重合在此线上。在此情况下，相贯线的一个或两个投影是已知的，即能直接画出。如果已知一个投影，可以运用辅助素线法求取其余投影，如果已知两个投影，即认为相贯线的形状和位置完全确定。



相交的两曲面都不是平面或柱面，它们的相贯线在一般情形下是不能直接画出的，需要用辅助平面法或辅助球面法作出结合线的投影。

相交的两个都是平面，它们的相贯线是直线。若能求得两个平面的两个共有点，两点的连线就是相贯线。相交的两个面都是曲面或其中之一是曲面，它们的相贯线在一般情况下是曲线，必须求得一系列共有点，这些点连成的光滑曲线就是相贯线。

二、求相贯线的方法

1. 辅助素线法

当平面垂直于投影面，平面在该投影面上的投影积聚为直线。在投影图上求两曲面的相贯线时，如果两曲面之一是垂直于投影面的平面，相贯线是属于平面的直线，相贯线在平面所垂直的投影面上的投影一定和平面所积聚的直线投影重合。因此，相贯线在该投影面上的投影是已知的，是可以画出的。

相贯线的其他投影是借助于素线画出的，这种求取相贯线的方法称为辅助素线法。用辅助素线法求取相贯线的投影时应注意两点：

1) 只有当相贯线的一个投影是已知的，相交两曲面之一是平面或圆柱面，且该平面或圆柱面垂直于投影面时，才能用辅助素线法。

2) 辅助素线法中的素线并不只限于直线，还可以用圆作为曲面的素线。

如图 3-37 所示的两圆柱面相贯。大圆柱面垂直 V 面，小圆柱面垂直 H 面，相贯线的正面投影和水平投影分别与大、小圆柱面具有积聚性的投影重合。在已知相贯线两个投影的条件下，可用辅助素线法作出相贯线的侧面投影。

其作图过程如下：

1) 作小圆柱面上各等分素线的投影。在俯视图上将小圆柱面的水平投影圆十二等分，得到各等分素线的水平投影 1、2……，由水平投影作出各素线的正面投影和侧面投影。

2) 作各素线和相贯线交点的投影。在主视图上标出各素线和相贯线交点的正面投影 a' 、 b' ……，由正面投影按点在素线上的关系作出各交点的侧面投影 a'' 、 b'' ……。

3) 连线。用光滑曲线连接各交点的侧面投影 a'' 、 b'' ……，得到相贯线的侧面投影。

2. 辅助平面法

当相贯线的任何投影在作图前都不能确定时，通常采用辅助平面法求取两曲面相贯线上的共有点，然后将各共有点连接成相贯线。当然，如果已知相贯线的一个投影，也可使用辅助平面法。

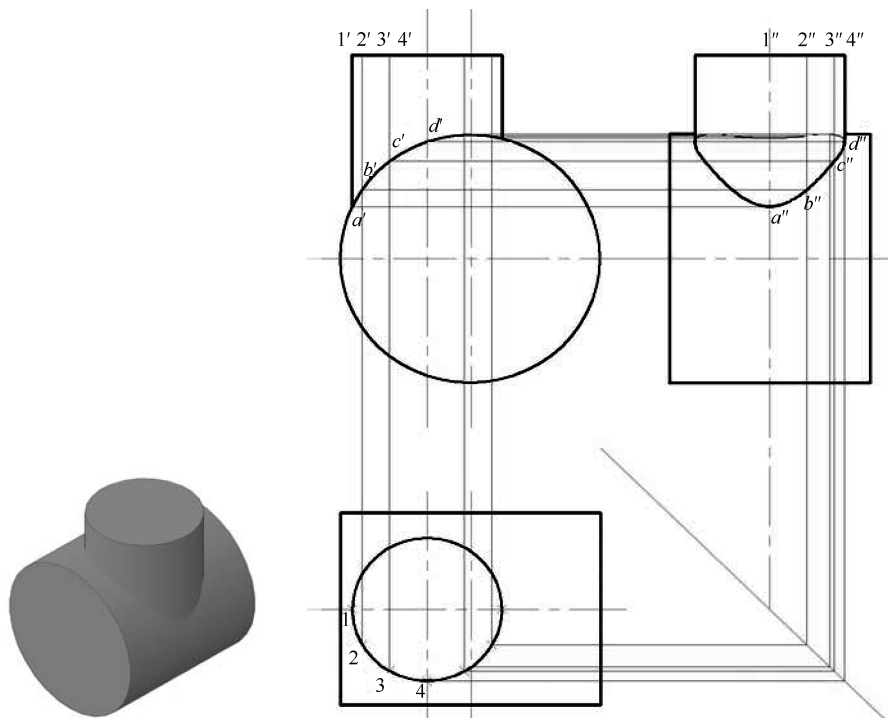


图 3-37 两圆柱面相贯

利用截平面和回转体的截交线的投影为直线或圆的特性来求相贯线上一般位置点的投影的作图方法，称为辅助平面法。

辅助平面法的作图过程是：

- 1) 在适当位置作辅助平面切割两已知曲面。
- 2) 作出辅助平面和两已知曲面的交线。
- 3) 两交线的交点即是两曲面相贯线上的点。

为使作图简便和准确，其关键是选择合适的辅助平面。其选择原则是应使所作的辅助平面和两曲面的交线投影能用直尺和圆规画出的图形，即必须是直线和圆。因而辅助平面可能是投影面平行面或过锥顶的投影面垂直面，如图 3-38 所示。

每作一个辅助平面，通常能求得 1~4 个共有点。为获得足够数量的共有点来绘制相贯线，必须作一系列的辅助平面。

如图 3-39 所示圆柱面和圆锥面的相贯。根据图中圆柱面和圆锥面的形状大小和相互位置，以及辅助面的选择原则，决定用平行 H 面的平面为辅助面求取

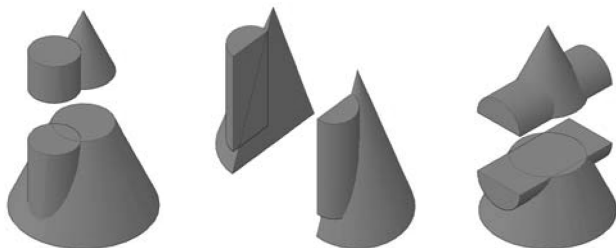


图 3-38 辅助平面示例

结合线。此题中，圆柱面轴线垂直 W 面，圆柱面的侧面投影积聚为圆，相贯线的侧面投影也与此圆重合。因此，可将圆柱面 8 等分，得到 8 条素线，然后过其中的一条或两条素线作平行 H 面的辅助面。辅助面和圆柱面的交线就是辅助面经过的素线，辅助面和圆锥面的交线是圆。

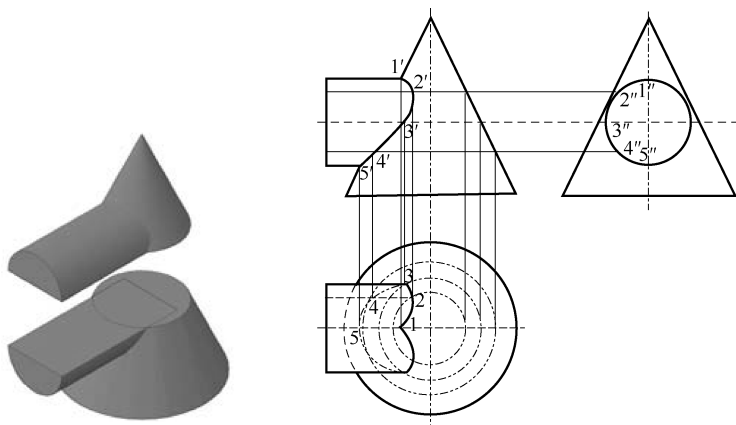


图 3-39 圆柱面与圆锥面相贯

3. 辅助球面法

如果以回转曲面轴线上的点为球心作球面，该球面和回转曲面的交线必定是圆，且该圆和回转曲面的轴线垂直。当回转曲面的轴线平行于投影面时，交线圆必与该投影面垂直，该投影面上的投影是和回转曲面轴线垂直的直线。例如，图 3-40 中圆柱面和球面相交，图 3-41 中圆锥面和球面相交，其交线都是圆，圆的投影是垂直于轴线投影的直线。当两个回转曲面的轴线相交，且都平行于同一投影面时，便可用两轴线的交点为球心作球面。该球面和两回转曲面都相交于圆，由于两交线圆在同一球面上，他们能相交，交点是两回转曲面的共有点。

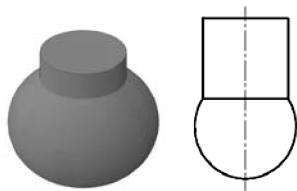


图 3-40 圆柱面与球面相贯图

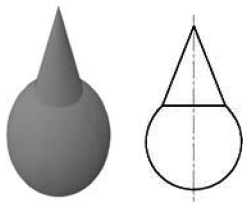


图 3-41 圆锥面与球面相贯

由上述可知，可以用球面作为辅助面求取两曲面相贯线上的点，但同时又由于上述现象的特殊性，限定只有符合下述三个条件时，才能采用球面作为辅助面。即

- 1) 两相交曲面都是回转曲面。
- 2) 两回转曲面的轴线必须相交。
- 3) 两回转曲面的轴线必须平行于同一投影面。

由于在作图中，球面的半径可以变化，但球心必须是两回转曲面的交点，是固定不变的，所以这种方法又称为同心球面法。

如图 3-42 所示的圆柱面和圆锥面的相贯。在图中，圆柱面轴线平行 V 面，圆锥面轴线垂直 H 面，两轴线同面投影交点的连线是垂直线，所以，两曲面轴线是相交的，且都平行 V 面。另外，圆柱面和圆锥面都属于回转曲面。符合用球面作为辅助曲面的三个条件。

用球面为辅助面求取共有点的作图过程如下：

1) 作辅助球面。在主视图上，以两曲面轴线的交点 o' 为圆心，以适当长度为半径画圆，该圆即是球面的正面投影。

2) 用辅助面作两曲面的共有点。所画的圆和圆柱面轮廓线相交于两点 $1'$ 和 $2'$ ，和圆锥面轮廓线相交于两点 $3'$ 和 $4'$ 。两线段 $1'—2'$ 和 $3'—4'$ 就是辅助球面和圆柱面、圆锥面的两个相交圆的正面投影，它们的交点 $a' (b')$ 即是两曲面共有点的正面投影。

3) 作共有点的其它投影。利用点 $a' (b')$ 在辅助球面和圆锥面的相交圆上的关系，先作出相交圆弧 $3'—4'$ 的水平投影，然后在其水平投影上定出点 A 和 B 水平投影 a 和 b 。

4) 适当改变辅助球面的半径，按以上步骤又能求得两个共有点，如点 C 和 D 。依此重复作图，在获得足够数量的共有点后，便可用曲线连接它们，得到两曲面的结合线。

辅助球面法具有仅依靠一个视图就能作出共有点的特点。如本例题，没有俯

视图，同样可以作出结合线的正面找影。在作图中，辅助球面的半径大小，只能在一定范围内变化，过大或过小都得不到共有点。本例题的最大半径不能超过 $o'e'$ ，最小半径应保持和圆锥面相切。

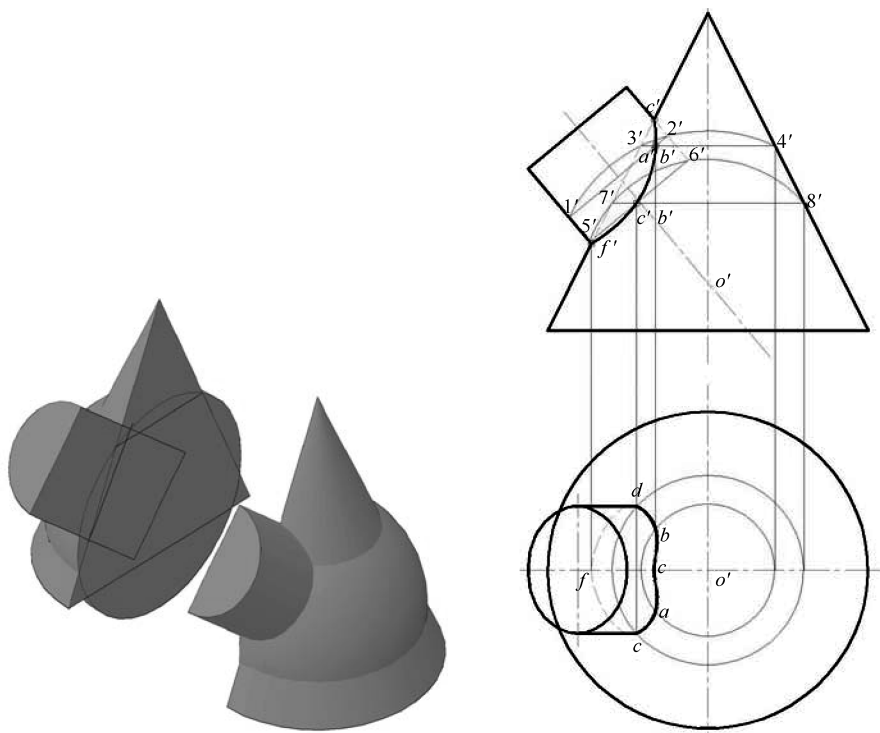


图 3-42 圆柱面与圆锥面相贯

三、两平面立体相交的相贯线

平面立体与平面立体相交，其相贯线是由若干段直线所围成的封闭空间图形（特殊情况为平面图形）。其中，每一段直线都可以看成是棱面与平面立体的截交线，棱线与棱面的交点为两段截交线的结合点，又称为相贯点。

求两平面立体相交时相贯线的作图步骤如下：

- 1) 求特殊位置点的投影。
- 2) 用辅助素线法或辅助平面法求棱线与棱面交点的投影。
- 3) 连接各段截交线，得相贯线。

如图 3-43 所示的长方体与正三棱锥相贯。由图可以分析出，当从长方体与棱锥体的叠加体中抽出长方体，相贯体就变成了用两个水平面和一个侧垂面切割三棱锥而形成的切割体，这时截交线就是长方体与三棱锥相交的相贯线。

求相贯线的作图步骤如下：

- 1) 求特殊位置点 1、2 的投影。从左视图向俯视图引线在俯视图得到 1、2 两点的投影。
- 2) 利用水平面平行于底面，求出 3、4、5、6 四点的投影。
- 3) 判断可见性，连接交线，得相贯线。

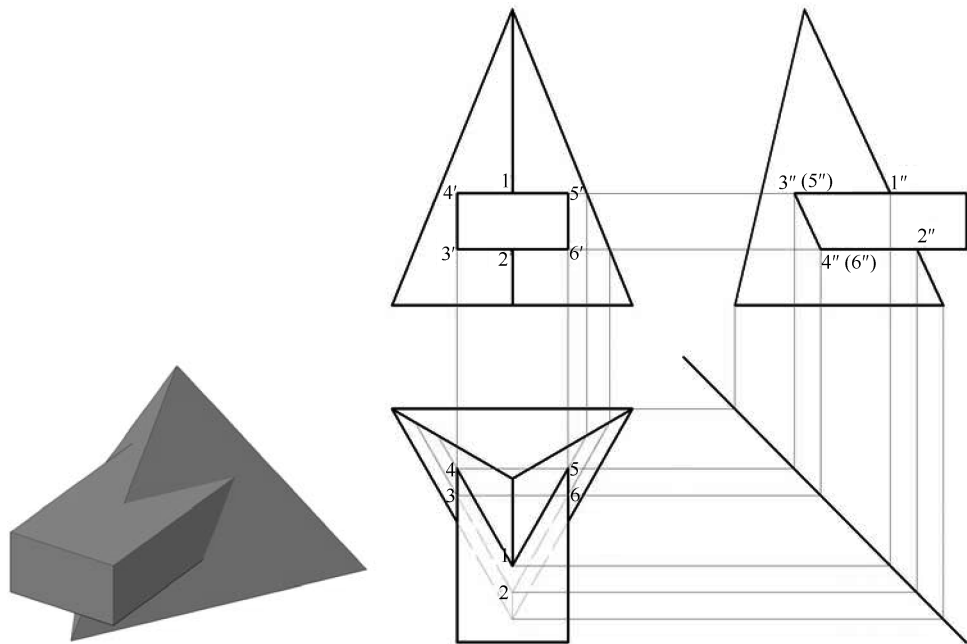


图 3-43 方体与正三棱锥相贯

四、平面立体与回转体相交的相贯线

由于平面立体各表面均为平面，所以平面立体与回转体相交的相贯线均是由平面曲线和直线组合而成的。平面立体与回转体相交，其相贯线是由若干段平面曲线（或直线）所组成的。每段平面曲线（或直线）可以看成是平面切割回转体而形成的截交线，两截平面的交线与回转表面的交点就是两相贯体的相贯点。

如图 3-44 所示为三棱柱与圆锥体相交，可以看成是把三棱柱从圆锥体中抽出，这时圆锥体就是一个由正垂面和水平面截割而形成的切割体。画投影图时，先求特殊位置点 1、2 的投影；然后利用水平面在 H 面投影的真实性求出相贯点 3、4 的投影，作出三棱柱底面的截交线；再利用辅助平面法求出正垂面与圆锥的截交线；最后将两截交线组合起来就是两立体相交的相贯线。

作图步骤如下：

- 1) 求出特殊位置点 1、2 的投影。
- 2) 求出水平面、正垂面与圆锥表面相贯点 3、4 的投影。
- 3) 用辅助平面法求正垂面切割圆锥的截交线。
- 4) 判断可见性，整理图线。

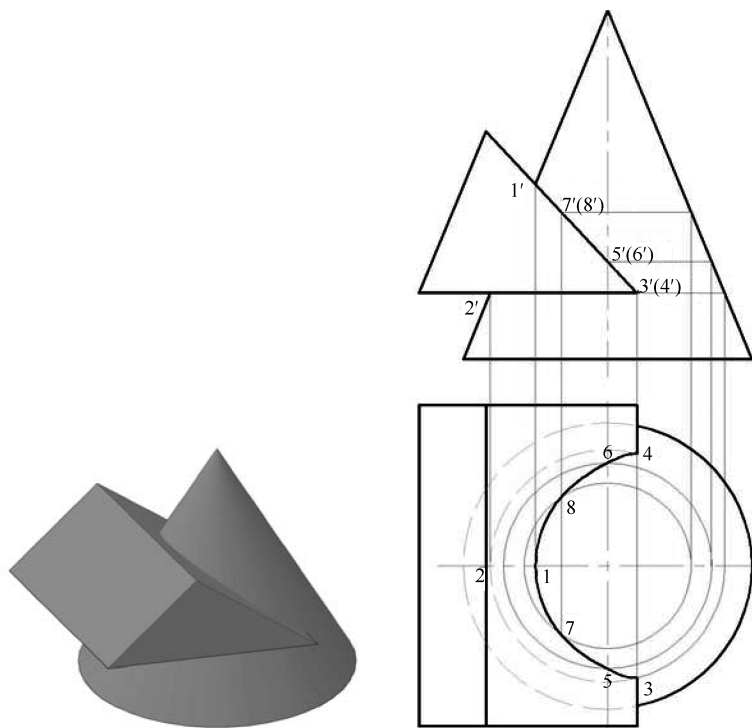


图 3-44 三棱柱与正圆锥相贯

五、相贯线为平面曲线的条件和作图

在一般情况下，两曲面的相贯线是空间曲线，它的投影仍是曲线。在特殊情况下，符合一定条件时，两曲面的相贯线可以是平面曲线或直线。对于平面曲线，它的投影可以是直线。

1. 具有公共轴线的两回转曲面

具有公共轴线的两回转曲面的相贯线是圆，当其公共轴线平行于投影面时，相贯线在该投影面上的投影是直线。该直线是两回转曲面轮廓线交点的连线，它一定垂直于回转曲面的公共轴线。图 3-45 为具

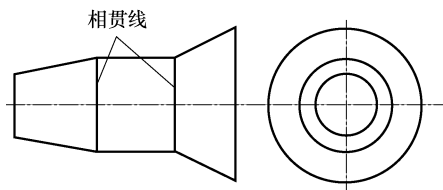


图 3-45 两回转曲面的相贯线

有公共轴线的两个圆锥面和一个圆柱面的视图，它们的结合线是圆，因轴线平行于投影面，两相贯线——圆的投影垂直于轴线。

2. 具有对称面的两曲面

若两相交曲面对于平面是互相对称的，两曲面的相贯线中必有一条是位于对称平面上的平面曲线。当对称面垂直于投影面时，相贯线在该投影面上的投影和对称面的投影重合为一直线。

图 3-46 所示为由三个椭圆锥面相交，构成的四通管。三个椭圆锥面有公共底圆，它们两两对称，对称面垂直 H 面，其水平投影分别是三直线 ab 、 ac 和 ad 。每两个椭圆锥面的相贯线是重合在对称面上的平面曲线，其水平投影分别和 ab 、 ac 、 ad 重合，而相贯线的正面投影仍是曲线，可由相贯线的水平投影用辅助素线法求取。

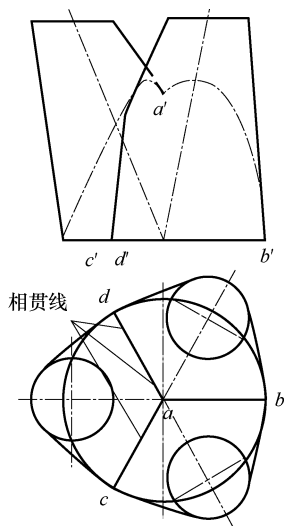


图 3-46 三个椭圆锥面相交

3. 公切于球面的两曲面

若相交的两曲面是圆柱面或圆锥面，它们的轴线相交，并且公切于同一球面，则两曲面的相贯线是两条平面曲线。当两曲面的轴线平行于同一投影面，相贯线在该投影面上的投影为两条直线。在作图时，两曲面轴线的交点是公切球面的球心，两曲面轮廓线围成的两曲面投影的公共部分是四边形，四边形的两条对角线就是相贯线的投影。

图 3-47 所示为符合上述条件的两圆柱面相交的三种情形，图中只画出与两曲面轴线平行的投影面上的视图。两圆柱面公切于同一球面，它们的直径应该彼此相等。圆柱面和球面相切的切圆投影为一直线，两切圆投影的交点正好是两相贯线投影的交点，即四条曲线的投影应相交于同一点。相贯线的实际形状是椭圆，它在其他投影面上的投影仍是曲线，可用辅助素线法将它作出。

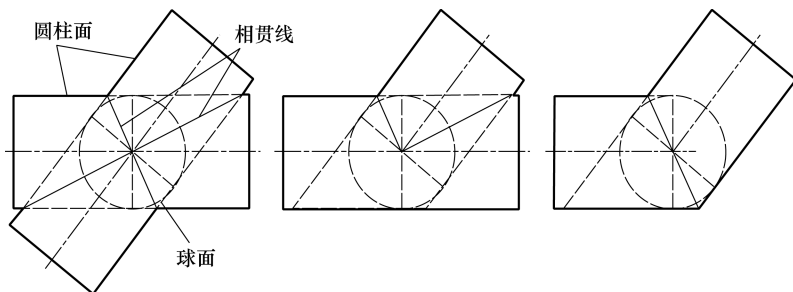


图 3-47 两圆柱面相交

图 3-48 是符合上述条件的圆柱面和圆锥面相交。

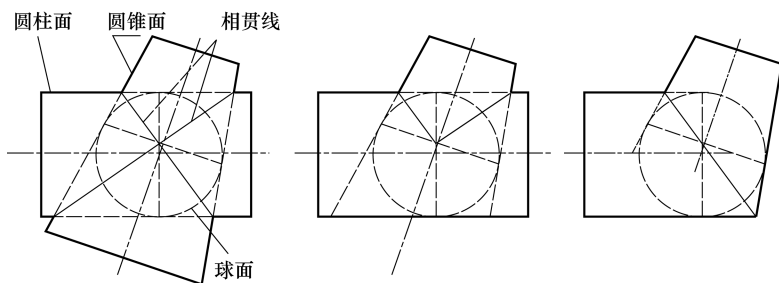


图 3-48 圆锥面和圆柱面相交

图 3-49 是符合上述条件的两圆锥面相交。

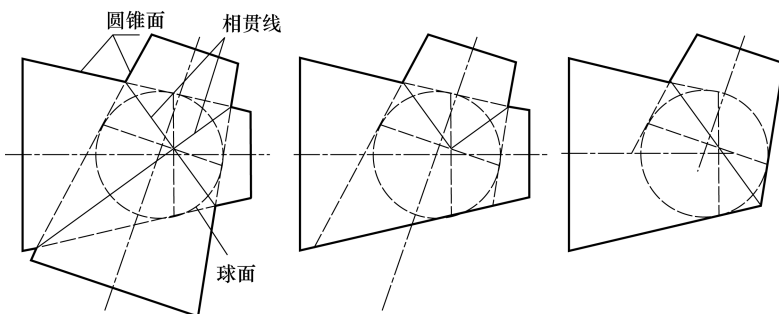


图 3-49 两圆锥面相交

第五节 冷作钣金展开

现有的各种展开方法，都是将组成构件的曲面分割为若干小块，将每小块近似地看成是平面，根据设计图作出每个平面的实形后，再拼接成展开图。不同的分割方法，形成不同的展开方法。对于曲面来说，采用哪种分割方法，应以作图方便、产生的误差小来衡量，并加以选择。实践证明，沿曲面的表面素线进行分割是最佳的。

一、平行线展开法

平行线法的展开原理是将立体的表面看做由无数条相互平行的素线组成，取两相邻素线及其两端线所围成的微小面积作为平面，只要将每一小平面的真实大小，依次顺序地画在平面上，就得到了立体表面的展开图。所以只要立体表面素线或棱线是互相平行的几何体，如各种棱柱体、圆柱体等，都可用平行线法展开。

1. 正圆柱管展开

正圆柱管如图 3-50 所示，其展开过程见表 3-19。

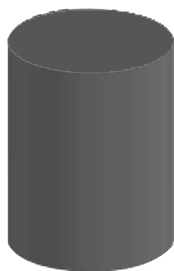
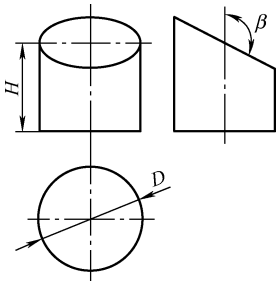
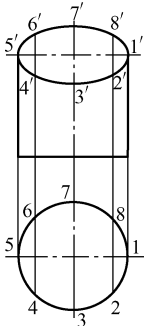
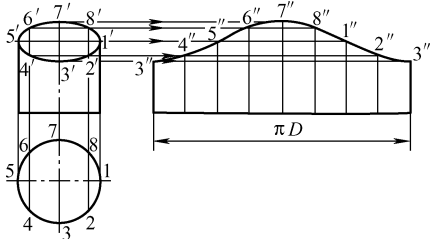
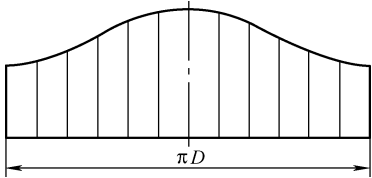


图 3-50 正圆柱管

表 3-19 正圆柱管展开过程

 ① 根据图样给出的尺寸画出三视图	 ② 将俯视图底圆八等分，并过各等分点向主视图作垂线，找出各等分素线在主视图投影实长
 ③ 作一直线等于圆柱管周长且十二等分；过各等分点作垂线，并截取相对应素线在主视图的投影实长，求得各素线在展开图上的投影，用光滑的曲线连接	 ④ 将展开图外形轮廓线用粗实线描出

2. 正六棱柱管展开

正六棱柱管如图 3-51 所示，其展开过程见表 3-20。

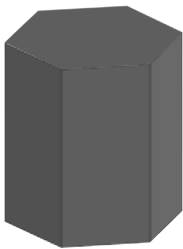
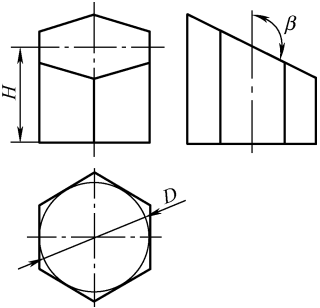
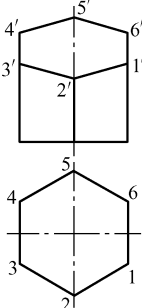
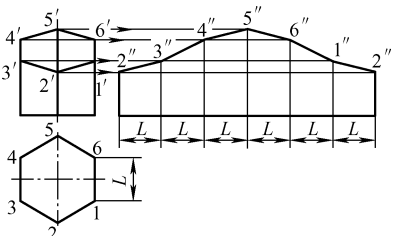
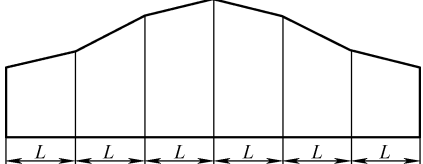


图 3-51 正六棱柱管

表 3-20 正六棱柱管展开过程

 ① 根据图样给出的尺寸画出三视图	 ② 找出各棱线在主视图的投影实长
 ③ 作一直线等于棱柱管周长，在相应位置作各棱线垂线，并截取对应棱线在主视图的投影实长，求得各棱线在展开图上的投影，用直线连接	 ④ 将展开图外形轮廓线用粗实线描出

二、三角形展开法

三角形法的展开原理是将立体表面分割成一定数量的三角形平面，然后求出各个三角形每边的实长，并把其实形依次画在平面上，从而得到整个立体表面的展开图。

三角形法适用于各类形体，其作图步骤：画出构件的必要视图，用三角形分割物体表面，求出三角形各边的实长，依三角形次序画展开图。

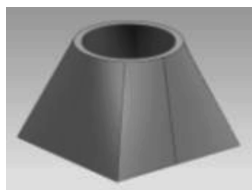


图 3-52 天圆地方

1. 天圆地方展开

天圆地方如图 3-52 所示，其展开过程见表 3-21。

表 3-21 天圆地方展开过程

① 根据图样尺寸画出正天圆地方三视图	② 将俯视图圆十二等分，得 1、2、…、11、12 各点，各点与 O 点相连，分成了 16 个小三角形。 $L_1 = O-2 = O-3 = O-5 = O-6 = O-8 = O-9 = O-11 = O-12$, $L_2 = O-1 = O-4 = O-7 = O-10$。取各素线主视图之高，俯视图之长 ($L_1$、$L_2$)，求得实长线 $O'-1'$、$O'-2'$
③ 先作一三角形，边长为 A 和 $O'-1'$；以两条 $O'-1'$ 边长交点 1 为圆心，$\cap L_3$ 为半径划弧；与以 O 为圆心，$O'-2'$ 为半径划的弧相交，求得 2 点。以此类推，可完成展开图	④ 将展开图外形轮廓线用粗实线描出

2. 异形方口管展开

异形方口管如图 3-53 所示，其展开过程见表 3-22。

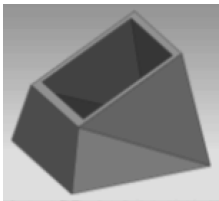
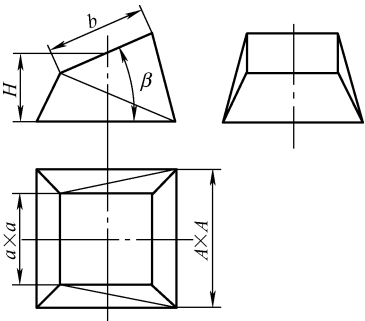
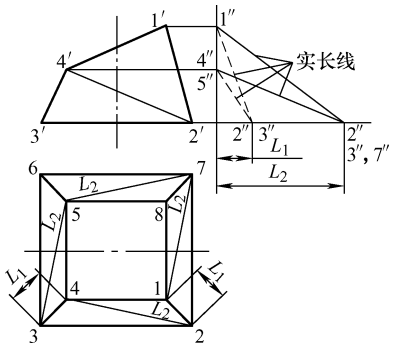
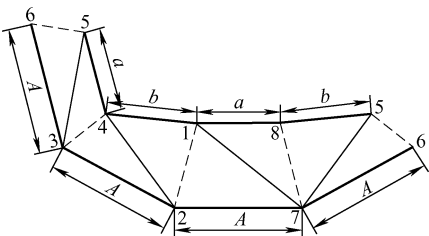
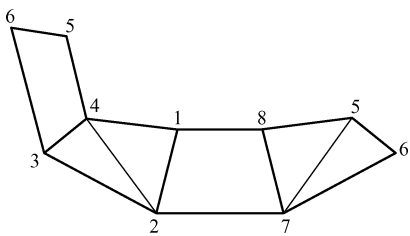


图 3-53 异形方口管

表 3-22 异形方口管展开过程

 ① 根据图样尺寸画出异形方口管三视图	 ② 在俯视图画出四块板的对角线，分成八个小三角形。在主视图确定各对角线 L_2 和棱线 L_1 的投影高。作直角三角形，两垂直边分别取主视图投影高和俯视图投影长，斜边即为所求线段实长
 ③ 作一直线 2—7 等于 A。分别以端点 2、7 为圆心，实长线、1"—7"为半径作圆弧交于 1 点，再以 1、7 点为圆心，分别以 1—8（等于 a）、1"—2"为半径作圆弧交于 8 点，用直线连接，即完成一块侧板的展开图，以此类推，分别完成其余六块小三角形，即可完成整个展开图	 ④ 将展开图外形轮廓线用粗实线描出，即完成展开图。其中 2—4、7—5 处需要折弯

三、放射线展开法

放射线法适用于立体表面的素线相交于一点的锥体。放射线法的展开原理是将锥体表面用放射线分割成共顶的若干三角形小平面，求出其实际大小后，仍用放射线形式依次将它们画在同一平面上，就得到所求锥体表面的展开图。

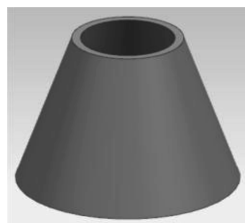
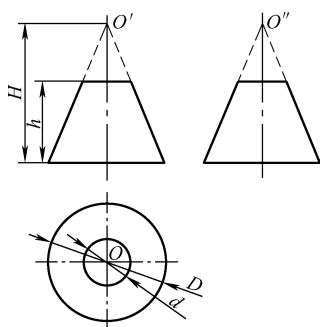
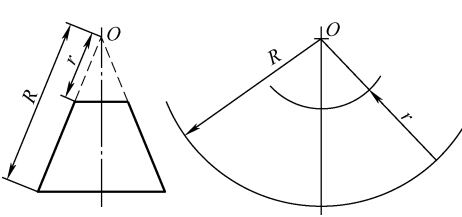
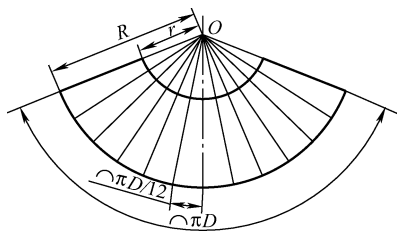
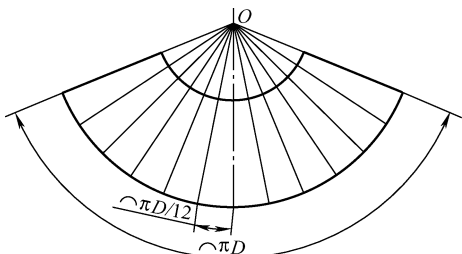


图 3-54 正圆锥体

1. 正圆锥管展开方法

正圆锥体如图 3-54 所示，正圆锥管展开过程见表 3-23。

表 3-23 正圆锥管展开过程

 ① 根据图样尺寸画出正圆锥管三视图	 ② 作一中心线，并确定圆心 O；以 O 为圆心，分别以半径 R、r 作大圆弧
 ③ 过圆心 O 点作一直线经过大小圆弧，分别以它们的交点为起点，在以 R 为半径的圆弧上截取一段等于 πD；在以 r 为半径的圆弧上截取一段等于 πd	 ④ 将展开图外形轮廓线用粗实线描出，即完成展开图

2. 正棱锥管展开方法

正棱锥管如图 3-55 所示，展开过程见表 3-24。

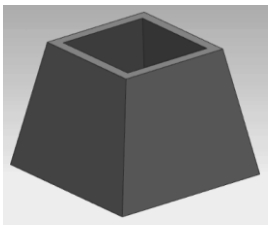
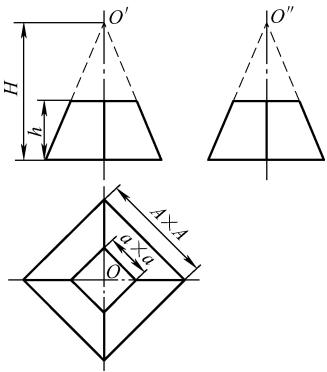
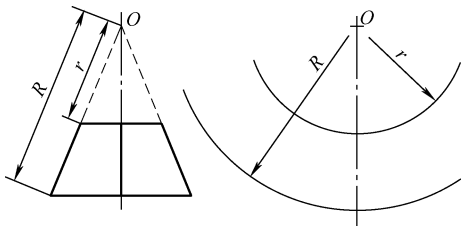
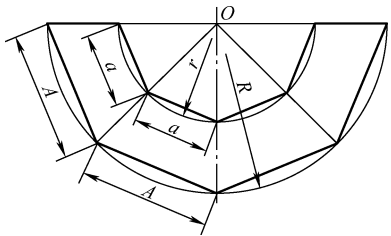
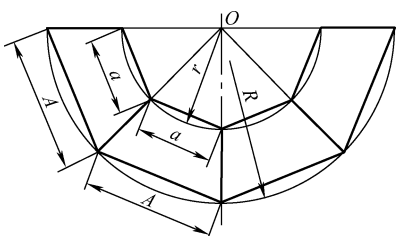


图 3-55 正棱锥管

表 3-24 正棱柱管展开过程

 ① 根据图样尺寸画出正圆锥管三视图	 ② 作一中心线，并确定圆心 O；以 O 为圆心，分别以半径 R、r 作大圆弧
 ③ 过圆心 O 点作一直线经过大小圆弧，以它们的交点为圆心，分别以边长 A 和 a 为半径划弧并与大小圆弧相交，连接圆心与交点，即完成第一块板展开。以此类推可完成展开图	 ④ 将展开图外形轮廓线用粗实线描出，即完成展开图

四、不可展曲面构件的展开

对于由螺纹面或回转面等不可展曲面组成的构件，往往将它们分割成数块，然后近似地看做柱面、锥面或直纹曲面，用相应的展开方法予以展开。

1. 正螺旋面展开

正螺旋面如图 3-56 所示，其展开过程见表 3-25。

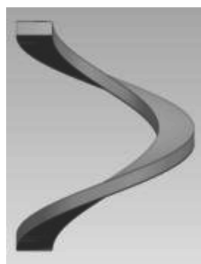


图 3-56 正螺旋面

表 3-25 螺旋叶片展开过程

① 根据图样绘制放样图，沿轴线方向按中性层尺寸，沿素线方向按实际大小作图	② 将俯视图投影圆作十二等分，得点 1、2、3、…、12 和 a、b、c、…、l；将主视图投影高 H 作十二等分，并过等分点分别作水平线，与俯视图各等分点向上投射射线相交，得点 1'、2'、3'、…、12' 和 a'、b'、c'、…、l'；用光滑曲线将各点连接，即完成放样图
③ 作相互垂直的直线，其中一条直角边长为 H，在另一直线上分别截取长度 πd 和 πD，得斜边长 L_1 和 L_2，L_2 为内螺旋线展开长度，L_1 为外螺旋线展开长度	④ 作一等腰梯形，高为 L，上边长为 πd，下边长为 πD，延长梯形两腰交于 O_1；以 O_1 为圆心，至上下底边的交点距离为半径分别作圆弧，在内圆弧上截取弧长等于内螺旋线展开长度 L_1，在外圆弧上截取弧长等于内螺旋线展开长度 L_2。即完成展开图

2. 半圆球封头展开

半圆球封头如图 3-57 所示，其展开过程见表 3-26。

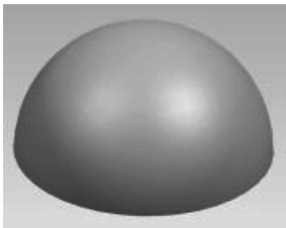
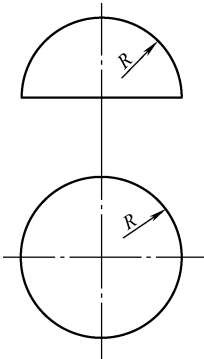
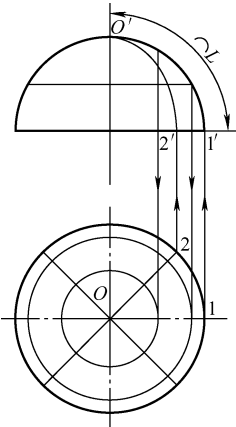
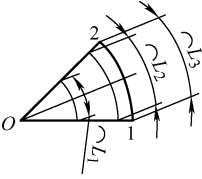
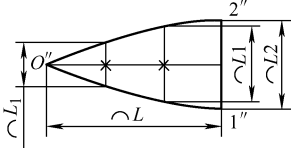


图 3-57 半圆球封头

表 3-26 分瓣法展开半圆球封头过程

 ① 作放样图时，先按照半球的中性层半径画出其主、俯视图，主视图投影为半圆，俯视图投影为圆	 ② 将半圆球封头分成相同的八瓣。将俯视图投影圆作八等分，得其中一瓣 $O-1-2$；将主视图半圆作六等分，过等分点向下作垂线，与俯视图圆中心线相交；以 O 为圆心，到各交点距离为半径分别作圆，与八等分素线相交，过各素线上交点向上投影得主视图投影 $O'-1'-2'$
	 ③ 作一直线长等于四分之一周长 L，将其三等分，并过各等分点作垂线，在垂线上依次量取相对应弧长 L_1、L_2、L_3，将各截点用光滑曲线连接，即完成八分之一球瓣展开

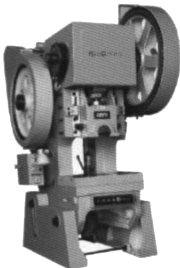
第四章

冷作钣金下料

下料，就是将板材及型材，按照图样要求，经过加工，制成一定形状和尺寸的零件或坯料，这一过程称为下料。下料按其加工特点，可分为：机械下料（剪切、冲裁、数控步冲）、气割下料、等离子下料、激光下料和手工下料。

1. 机械下料（见表 4-1）

表 4-1 机械下料

设备名称	外形结构	功能说明	适用范围
数控液压剪板机		输入数字指令来操控机床，通过液压传动来剪切不同材质、厚度、长度的板材	适用于直线剪切的板材
单柱可倾式冲床		通过齿轮传动装置，带动滑块作上、下直线运动，来实现材料的落料或冲孔	适用于批量的直线段和圆弧曲线段的冲裁加工
转塔式数控步冲机		用计算机控制板材冲切的全过程，按编制的程序，在板材上冲切出各种孔形，其加工尺寸误差约为 0.1mm，加工后板面平整，切口整齐	机械制造业所有钣金加工

2. 气割下料（见表 4-2）

表 4-2 气割下料

设备名称	外形结构	功能说明	适用范围
手工切割设备		利用氧乙炔气，通过割炬来进行切割	适用于切割较大厚度的钢材

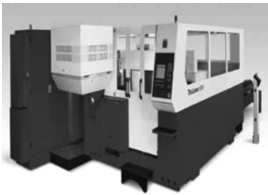
3. 等离子下料（见表 4-3）

表 4-3 等离子下料

设备名称	外形结构	功能说明	适用范围
手工等离子切割设备		空气等离子切割机是以压缩空气为工作气体，以高温高速的等离子弧为热源，将被切割的金属局部熔化，并同时用高速气流将已熔化的金属吹走，形成狭窄切缝	可用于不锈钢、铝、铜、铸铁、碳钢等各种金属材料切割，不仅切割速度快、切缝狭窄、切口平整、热影响区小、工件变形小、操作简单，而且具有显著的节能效果
数控等离子弧切割机		用数字程序驱动机床运动，随着机床运动时，随机配带的切割工具对物体进行切割	切割领域宽，可切割所有金属板材，切割速度快，效率高，切割速度可达 10m/min 以上

4. 激光下料（见表 4-4）

表 4-4 激光下料

设备名称	外形结构	功能说明	适用范围
激光切割加工		通过数控编程，利用高功率密度的激光束扫描过材料表面，在极短时间内将材料加热到几千至上万摄氏度，使材料熔化或汽化，再用高压气体将熔化或汽化的物质从切缝中吹走，达到切割材料的目的	可加工任意的平面图；对幅面很大的整板切割；断面切割质量要求高的零件

5. 手工下料（见表 4-5）

表 4-5 手工下料

设备名称	外形结构	功能说明	适用范围
手工剪切		依靠手动剪切工具上下两剪刀刃的相对运动来切断金属材料，常用的工具有手剪、台剪等	直线剪适合剪切金属薄板的直线和曲线外圆，弯剪用于剪切曲线的内圆
手工錾切		使用锤子和錾子按切断线进行錾切	可对材料进行直线錾切、圆弧錾切

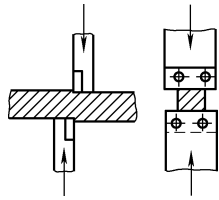
第一节 冷作钣金剪切

剪切是利用上下两剪刀的相对运动来切断材料的加工方法，是冷作钣金工应用的主要下料方法。它具有生产效率高、剪断面比较光洁、能切割板材及各种型材等优点。

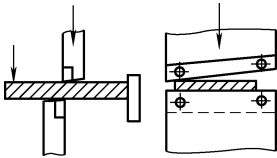
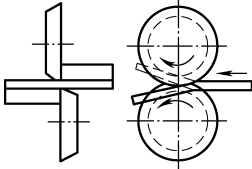
一、剪床的构造和分类

剪床的结构形式很多，按传动方式分为手动剪床、机械剪床和液压传动剪床；按其工作性质又可分为直线剪床和曲线剪床两大类，分别见表 4-6 和表 4-7。直线剪床按两剪刀刃口的相对位置可分为三种，见表 4-6。

表 4-6 直线剪床

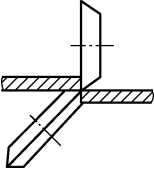
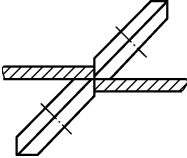
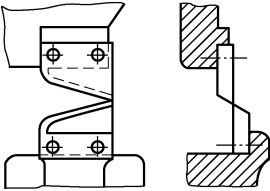
名 称	剪刀片形式	结 构 特 征
平口剪床		平口剪床上下剪刀片的刃口是平行的，剪切时，下刀板固定，上刀板作上下运动。这种剪床剪切时切削刃同时与材料接触，受力较大，但剪切时间较短，适用于剪切窄而厚的条钢

(续)

名 称	剪刀片形式	结 构 特 征
斜口剪床		斜口剪床的下刀板在水平位置固定不动, 上刀板倾斜一定的角度作上下运动。剪切时由于刀口逐步与材料接触而发生剪切作用, 剪切时间较长, 所需要的剪切力比平口剪床小, 适用于剪切较长的钢板。在机械制造业中, 龙门式斜口剪床得到广泛使用
圆盘剪床		圆盘剪床的剪切部分是由一对或多对圆形滚刀所组成的。剪切时上下滚刀作相反方向转动, 材料在滚刀之间, 一边剪切, 一边在摩擦力作用下递进。适用于剪切长度很长的条料

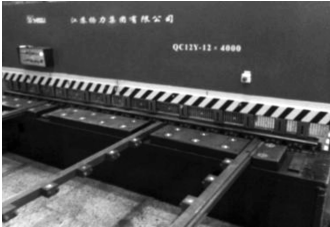
曲线剪床按剪刀片形式及结构分为斜置式圆盘剪床和振动式斜口剪床两种, 斜置式圆盘剪床又分为单斜滚刀圆盘剪床和双斜滚刀圆盘剪床两种, 见表 4-7。

表 4-7 曲线剪床

名 称	剪刀片形式		结 构 特 征
斜置式滚刀圆盘剪床	单斜滚刀圆盘剪床		单斜滚刀圆盘剪床的下滚刀是倾斜的, 适用于较薄板料剪切直线、圆弧线
	双斜滚刀圆盘剪床		双斜滚刀圆盘剪床的上下滚刀都是倾斜的, 适用于较薄板料剪切圆、圆环和任意曲线
振动式斜口剪床			振动式斜口剪床的上刀板倾斜地作上下运动, 下刀板是固定的; 有的剪床下刀是板状, 刃口是倾斜的, 由于切削刃的倾斜角较大, 剪切部分短, 工作时上刀板每分钟行程有数千次之多, 似振动状态, 能剪切各种几何形状复杂的较薄板料

剪切机械按构造不同，可分为龙门式斜口剪床、圆盘剪床、振动剪床、联合冲剪机床。其构造和功能见表 4-8。

表 4-8 剪床的构造和功能

名 称	外 观 图	功 能 介 绍
龙门式斜口剪床		它主要用于剪切直线。由于它操作简单，进料容易，剪切速度快，剪切变形小，断口精度较高，所以在板料剪切中应用最广
圆盘剪床		圆盘剪床由于上下剪刀重叠甚少，瞬时剪切长度极短，且板料转动不受限制，适用于剪切曲线，并能连续剪切。但被剪切材料弯曲较大，边缘有毛刺，一般用来剪切较薄的板料
振动剪床		能在板料上剪切各种曲线和内孔。但切削刃容易磨损，剪断面有毛刺，生产率很低，而且只能剪切较薄的板料
联合冲剪机床		它可以剪切钢板和各种型钢，并能进行小零件冲压

剪床的型号表示了剪床的类型、特征及基本工作参数等。例如，Q11—13X2500 型龙门剪板机和 QA34—25 型联合冲剪机，其型号所表示的含义见表 4-9。

表 4-9 剪床的型号所表示的含义

Q11—13X2500 型龙门剪板机	
Q 表示	剪切机
11 表示	剪板机
13 表示	可剪板厚 13mm
2500 表示	可剪板宽 2500mm
QA34—25 型联合冲剪机	
Q 表示	剪切机
A 表示	第一次改型
34 表示	联合冲剪机
25 表示	可剪板厚 25mm

二、剪切力的计算和参数的选择

1. 剪切力计算

在一般情况下，不需要计算剪切力，因为在剪床的性能牌上，已标志出允许的最大剪切厚度。但剪床的最大剪板厚度，通常是以 20、30 钢的抗剪极限为依据计算的，如果抗剪强度极限高于（在一定范围内）或低于 20、30 钢的抗剪强度时，则需重新计算剪切力，以便确定可剪板厚的极限。

（1）平口剪床剪切力的计算 平口剪床的剪切力可按下式计算，即

$$F = KA\tau = Kbt\tau$$

式中 F ——剪切力（N）；

A ——剪断面面积（ mm^2 ）；

b ——板料的宽度（mm）；

t ——板厚（mm）；

τ ——板料抗剪强度（ N/mm^2 ）；

K ——折算系数。

折算系数 K 主要是考虑实际剪切中，剪刀的磨损和间隙、材料的厚度及力学性能的波动等因素对剪切力的影响。通常取 $K = 1.2 \sim 1.3$ 。

（2）斜口剪床剪切力的计算 斜口剪床剪切时的剪切力可按下式计算，即

$$F = \frac{Kt^2\tau}{2\tan\phi}$$

式中 ϕ ——剪刀斜角；

t ——板厚（mm）；

τ ——材料抗剪强度（ N/mm^2 ）；

K ——折算系数，通常取 $K = 1.2 \sim 1.3$ 。

常用材料剪切许用应力可从有关设计手册中查得，对于金属也可按如下的经验公式确定：塑性材料，剪切应力极限 $= (0.6 \sim 0.8) \times$ 抗拉强度；脆性材料，剪切应力极限 $= (0.8 \sim 1.0) \times$ 抗拉强度。

例：某台斜口剪床，其剪刀斜角 ϕ 为 5° ，最大剪切厚度为 20mm。试问能否剪切抗剪强度 $\tau = 240 \text{ N/mm}^2$ 、厚度为 22mm 的黄铜板？

解：设剪床剪切力 F_0 系按 Q235 钢计算，取 Q235 钢的抗剪强度 $\tau = 340 \text{ N/mm}^2$ ， $K = 1.2$ 。

$$F_0 = \frac{1.2 \times 20^2 \times 340}{2 \tan 5^\circ} \text{ N} = 932692 \text{ N}$$

$$F = \frac{1.2 \times 22^2 \times 240}{2 \tan 5^\circ} \text{ N} = 796629 \text{ N}$$

$$F < F_0$$

因为剪切该黄铜板所需剪切力小于剪床最大剪切力，故能够剪切。

2. 剪床剪刀的几何参数选择

(1) 斜口剪剪切受力分析 根据图 4-1a 所示的斜口剪剪刀的几何形状和相对位置，材料在剪切过程中的受力状况如图 4-1 所示。

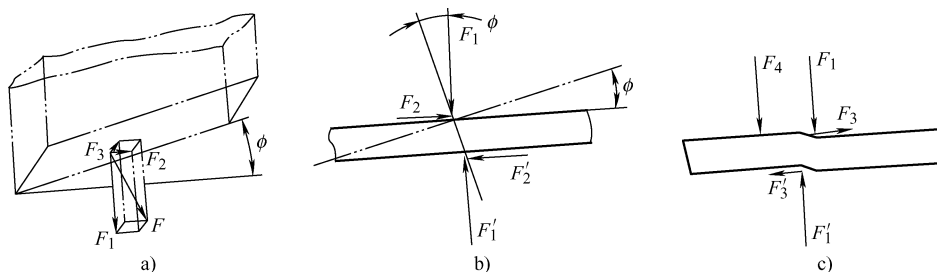


图 4-1 斜口剪剪切受力分析

由于剪刀具有斜角 ϕ 和前角 γ ，就使得上下剪刀传递的外力 F 不是垂直地作用于材料，而是与斜刃及前刀面成垂直方向作用。这样，在剪切中作用于材料上的剪切力 F 可分解为纯剪切力 F_1 、水平推力 F_2 及离口力 F_3 。图 4-1a 所示为剪切力的正交分解情况；图 4-1b、c 所示为剪切力正交分解后的两面投影。

在剪切过程中，由于 ϕ 角的存在，材料是逐渐被分离的。若 ϕ 角增大，材料的瞬时剪切长度变短，可减小所需的剪切力；但从图 4-1b 又可看出， ϕ 角增大，纯剪切力 F_1 则减小，而水平推力 F_2 却增大。当 ϕ 角增大到一定数值时，将因水平推力过大，使材料从刃口中推出而无法进行剪切。因此， ϕ 角的大小应以剪切时材料不被推出为限。其受力条件为

$$F_2 \leq 2F_1 f$$

式中 F ——材料静摩擦因数。

一般钢与钢的静摩擦因数取 $f=0.15$ 。由公式可以求出角 ϕ 的极限值, 即

$$F_2 = F_1 \tan \phi$$

$$F_1 \tan \phi = 2F_1 f$$

$$\tan \phi \leq 2f = 0.3$$

$$\phi \leq 16^\circ 41'$$

同时, 由于离口力 F_3 的存在, 剪切材料待剪部分将有向剪断面一侧滑动的趋势。尽管 γ 角大有利于使刃口锋利, 但过大的 γ 角将引起离口力 F_3 过大而影响定位剪切, 这是必须限制 γ 角的一个原因。

此外, 由于水平推力 F_2 和离口力 F_3 的作用, 在剪切过程中, 被剪下的材料将发生弯扭复合变形, 这在宽板上剪窄长条时, 尤其明显。故从限制变形的角度看, ϕ 角和 γ 角也不宜过大。

从图 4-1c 中还可看出, 由于存在剪刀间隙, 以及剪切过程中, 随着剪刀与剪切材料接触面的增加而引起 F_1 、 F_1' 力作用线的外移, 将对材料产生一个力矩。为不使材料在剪切过程中翻转, 提高剪切质量, 就需要给材料施以附加压料力 F_4 。

(2) 斜口剪剪刀的几何参数 根据以上对剪切过程、剪断面状态和剪切受力情况的分析, 并考虑实际情况与理想状态的差距, 确定斜口剪剪刀几何参数如下:

剪刀斜角 ϕ 一般在 $9^\circ \sim 14^\circ$ 之间。横入式斜口剪床, ϕ 角为 $7^\circ \sim 12^\circ$; 龙门式斜口剪床, ϕ 角为 $2^\circ \sim 6^\circ$ 。

前角 γ 是剪刀的一个重要几何参数, 其大小不仅如前所述影响剪切力和剪切质量, 而且直接影响剪刀强度。 γ 值一般可在 $0^\circ \sim 20^\circ$ 之间依被剪材料性质不同而选取。冷作钣金工用剪切钢材的斜口剪 γ 值通常为 $5^\circ \sim 7^\circ$ 。

后角 α 的作用是减少材料与剪刀的摩擦, 通常取 $\alpha = 1.5^\circ \sim 3^\circ$ 。当然, γ 角与 α 角确定以后, 楔角 β 也就随之而定了。

剪刀间隙 s 是为避免剪刀碰撞、减小剪切力和改善剪断面质量而设置, 其大小必须合理。合理的间隙值是一个尺寸范围, 其上限称为最大间隙, 下限称为最小间隙。剪刀合理间隙的确定, 主要取决于被剪材料的性质和厚度, 见表 4-10。各种剪切设备还附有更具体的间隙调整数据, 可作为调整剪刀间隙的依据。

表 4-10 剪切材料间隙

材 料	间隙(以板厚的百分数表示,%)	材 料	间隙(以板厚的百分数表示,%)
纯铁	6 ~ 9	不锈钢	7 ~ 11
软钢 (低碳钢)	6 ~ 9	铜 (硬态、软态)	6 ~ 10
硬钢 (中碳钢)	8 ~ 12	铝 (硬态)	6 ~ 10
硅钢	7 ~ 11	铝 (软态)	6 ~ 8

三、剪床的操作方法

作为剪切机械设备的操作者,应该学会对所用的剪切设备进行简单的分析,因为这有助于掌握、改进机械剪切工艺方法,正确维护、保养和使用剪切机械设备。

分析剪切机械设备的目的,是了解所用剪切机械的类型、技术性能和工艺装备情况,并弄清其传动关系和操作原理。

1. 剪切机械的类型和技术性能

分析所用剪切机械属于何种类型,可根据其结构形式作初步判断,再由其型号所表示的含义作详细的了解。

剪切机械按结构不同,分为前面所述的龙门式剪床、圆盘剪床、振动剪床和联合冲剪机等。剪床的型号表示了剪床的类型、特征及基本工作参数等。如前所述 Q11—13×2500 型龙门剪板机和 QA34—25 型联合冲剪机,所代表的含义。

各种类型的剪切设备,其技术性能参数通常刻制成设备铭牌,钉在机身上,作为剪切加工的依据。并且在设备使用说明书上,也要详细记载设备的技术性能。因此,只要参阅设备铭牌或使用说明书,即可了解剪切机械的技术性能。

2. 剪切机械的传动关系分析

分析剪切机械的传动关系,要利用其传动系统示意图。分析时,首先要在图中找出主动件和工作件的位置,然后按照主动件—传动件—工作件的顺序,顺次找出各部件间的联系,从而弄清楚整个系统的传动关系。

3. 剪切机械的操纵原理分析

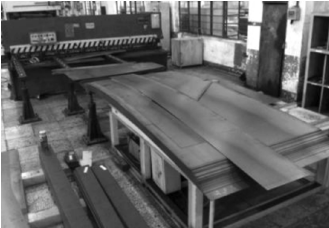
剪切机械的操纵机构主要是控制离合器和制动器的动作。分析剪床的操纵原理,就是要分析踏下脚踏开关后,操纵机构如何控制离合器及制动器动作,从而完成一个完整的工作循环。这种分析通常利用操纵机构示意图进行,若能在分析过程中与剪床上操纵机构的实际需要相对照,更有助于理解。

4. 基本操作方法

(1) 操作准备 工作场地的布置将直接影响辅助时间的长短及加工生产的

顺利性，见表 4-11。

表 4-11 工作场地的布置

场地布置图	情况说明
	在剪床边放置一个图样架，便于放图样、卷尺及常用量具。区分好成品、半成品区和原材料放置区。有利于使用查找材料和转运
	如果有条件，还应配备进料辊轮装置及剪床后面的出料小平车，改善现场作业条件，提高生产效率

(2) 基本操作

1) 剪床电气设备的操作。熟悉工艺图样，确定剪切方法。首先将钢板表面清理干净，根据图样上的尺寸，用钢直尺、圆规、划针在钢板上划线，并打上样冲眼，作为剪切线。或利用剪床的前、后靠模定位。

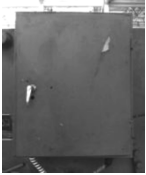
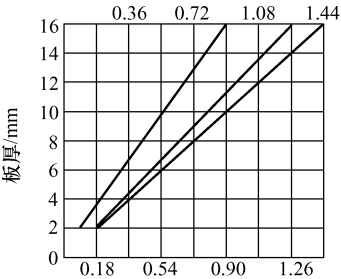
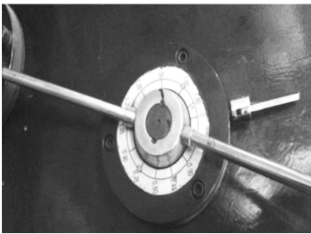
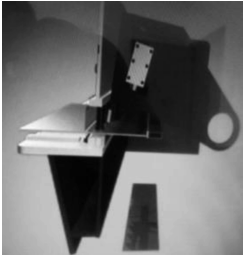
合上龙门式剪床的电源开关，按下配电箱内的按钮，起动龙门式剪床（即空运转），并检查剪床运转情况，直至正常才允许操作。调整上、下刀片的间隙。

2) 操作。将划好线的钢板搬上剪床平台，从上方观察钢板上的剪切线与下刀片刃口是否对齐。踩下离合器脚踏板，剪切第一块钢板。剪切后立即松开离合器脚踏板，使上刀片回位。用钢直尺检测第一刀钢板的尺寸，符合图样要求后，继续进行剪切，并随时抽检，以保证下料的质量。

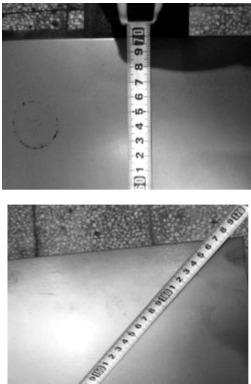
在剪切钢板时，应考虑到工件的形状和尺寸，注意剪切顺序。选择剪切顺序的原则是应保证剪切能将钢板分成两块。剪切完毕后，按下龙门式剪床的停止按钮，切断龙门式剪床的开关，打扫工作场地。

3) 实例。用 QC12Y—6X3200 液压摆式剪板机，剪切厚度为 2mm、尺寸为 500mm×600mm 的 Q235 的钢板。钢板剪切操作过程见表 4-12。

表 4-12 钢板剪切操作过程

序 号	图 示	操 作 步 骤
1		检查电源箱是否正常，合上电源刀开关，有液压装置的还需液压泵
2		起动操作台上的电源按钮
3	板厚/mm  刀片间隙/mm 间隙调整图  间隙调节装置	根据间隙调整图，按实际板厚，调整好上、下刀片的间隙，以及上、下刀片的倾角
4		按照图样尺寸，画出剪切线，确定好剪切位置，进行批量剪切时，根据所剪材料的长、宽尺寸，调整好靠模。踩下脚踏开关，完成一次剪切动作

(续)

序 号	图 示	操 作 步 骤
5		用卷尺游标卡尺检查所剪材料的长宽尺寸和对角线尺寸,符合图样技术要求

(3) 操作要点及注意事项

1) 确认剪切设备运行正常,有液压装置的设备、检查储油箱油量应充足。启动液压泵后检查阀门、管路是否有泄漏现象,压力应符合要求。

2) 按照被剪材料的厚度,调整刀片的间隙;根据被剪材料的宽度调整靠模或夹具;剪板机操作前先作1~3次空行程,正常后才可实施剪切工作。

3) 熟悉所用剪床设备的技术性能参数,并在其参数限制范围内进行剪切加工,不得剪切过硬或淬火后的材料。

4) 刀片刃口应保持锋利,如发现损坏或变钝,应及时检修磨砺或调换。

5) 剪床工作时,不能将手伸入剪床的压脚和切削刀中,注意手的安全。

6) 剪床在起动前,必须清除周围一切可能妨碍正常工作或安全操作的物件,以及工作台上杂物工具,以免造成事故。

7) 将清理干净的钢板放置在工作平台上,把剪切线的两端对准下剪刀口。启动压料装置,压紧板料,检查剪切线对正无差错后,脚踏离合器,刀架托板下行,上剪刀片下降,剪断钢板。

8) 剪切同一尺寸批量板料时,可按所需尺寸固定好挡板(靠模),校正检查第一块钢板尺寸准确后,方可继续进行剪切。

9) 在同一张钢板上剪切多块零件时,应排好剪切顺序。

10) 剪切窄料时,如果压料板不能全部压住板料,必须采取加垫方法才能剪切。

11) 两人或多人剪切钢板时,必须密切配合,听从一人指挥,由其控制脚踏离合器。

12) 剪切时,有不正常现象,应立即停止工作,迅速切断电源,进行检修。

13) 剪板机各润滑点必须按规定时间加油，但刃口处不可加油。

四、剪床的安全使用和维护

1. 剪床的安全使用

可根据设备的结构类型、机械性能、生产作业环境等综合因素来考虑制订设备的安全使用规程，以 QC12Y—6X3200 液压摆式剪板机安全使用规程为例，见表 4-13。介绍剪床的安全使用规程。

表 4-13 QC12Y—6X3200 液压摆式剪板机的安全使用规程

× × × 车间或工厂设备安全使用规程		
设备名称	液压摆式剪板机 QC12Y—6X3200	
设备编号		
编制		
审核		
操作人员		
一、基本要求 1) 操作者必须持有该设备操作证，方准操作设备 2) 为保证设备最佳使用，剪切材料厚度不允许超过设备规定的最大剪切厚度 3) 剪切过程中出现剪切吃力（剪切速度慢）、剪断后冲击大、床身振动大、高压液压泵声音异常等现象时，表明设备已严重超负荷，这种情况下严禁剪板 4) 严禁将手、工具等杂物伸入切削刀下及压脚下，以免发生事故，剪切过程中严禁将安全防护罩翻起 5) 操作者做到机转人在、人走机停，严禁酒后上岗 二、工作前 1) 工作前，应检查各润滑点是否润滑良好 2) 检查刀片是否松动，刃口是否锋利，如发现刃口用钝，应及时磨砺或更换刀片 3) 首先以设备标牌上的推荐值来设定刀片间隙，空载往复运行几次，确认正常后，方可开始剪切工作，根据剪切出来的产品质量再调整刀片间隙到最佳 三、工作中 1) 机床开动时不得检修，不得调整，不得松、紧任何部位的螺钉，发现异常现象，必须立即停车，通知维修人员修理 2) 禁止剪切超厚、硬疤、夹渣、焊缝、残边等缺陷或硬度较高的板料，严禁将薄料重叠剪切 3) 剪切笨重产品时，须有专人指挥，行动一致后才能操作 4) 要用工具取出卡在剪刀片间的裁片，禁止用手搬取。剪小件或剪到板材的最后一段时，严禁将手伸进防护罩内部或用其他板料将工件推进防护罩内部 5) 剪切窄条钢板时，必须保证钢板被压料脚压住的部分超过压脚中心线，防止压脚柱塞别弯 6) 剪下的板料堆码高度应低于刀架下极限位置 100mm 四、工作后 1) 工作完后，按顺序关闭电源，拉下电源箱刀开关 2) 严格执行班后“六不走”的规定 3) 操作者应每天正确填写好交接班记录和日检卡		

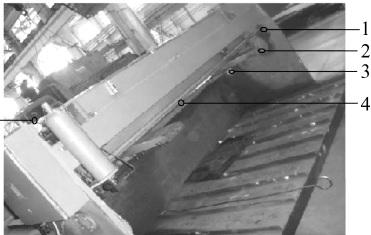
2. 剪切设备的维护

可结合本单位实际情况，编写剪切设备的维护规程（见表 4-14）和剪切设备日常保养表（见表 4-15）。

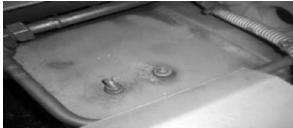
表 4-14 QC12Y—6X3200 液压摆式剪板机的维护规程

× × × 工厂或车间			文件编号：		
			第 版 共 页		
设备日常维护规程			生效日期：		
设备名称		QC12Y—6X3200 液压摆式剪板机			
设备编号			操作人员		
编 制		审 核		批 准	
一、基本要求 1) 操作者必须经过相关培训，熟悉本台设备的结构、性能及操作方法 2) 操作者必须了解该设备的各项安全规范，懂得安全、规范的保养方法 3) 操作者必须确保自身身体条件合格，方可开展日常维保工作 二、维护过程 1) 维护过程中必须严格遵守设备安全使用的相关规定 2) 进行设备日常保养前先切断总电源，以免造成触电事故 3) 设备操作者每班须严格按照下述要求进行该设备的清扫，开机前将机床表面上的油污清扫干净，并加注润滑油脂 4) 将设备四周及地面上的油污、污水、其他杂物清理干净，确保操作人员处于干净整洁的工作环境中 三、维护过程中的注意事项 1) 加注的润滑油脂必须洁净 2) 不同牌号的润滑油脂不可混和使用 3) 潮湿地区不可使用钠基润滑脂 四、维护完成后检查 1) 确保工作台无工具、工件及其他遗留物 2) 各润滑点油口无堵塞、漏油现象 3) 清扫、润滑工具应按规定位置摆放整齐					

表 4-15 QC12Y—6X3200 液压摆式剪板机日常保养表

设备名称	液压摆式剪板机	设备编号		班 组	
 					

(续)

序 号	加油油口	润滑点 数量	润滑件 名称	油脂 重量	油脂 类别	加注 周期	加注 方法
1		2	扇形 齿轮	按需	3 号 锂基脂	每周	手抹
2		2	左右 偏心 轴套	按需	3 号 锂基脂	每周	黄油枪
3		4	后靠模 导向杆 及螺母	按需	3 号 锂基脂	每周	黄油枪
4		1	链轮 链条	按需	3 号 锂基脂	每周	手抹
5		2	左右回 程缸	按需	3 号 锂基脂	每周	黄油枪

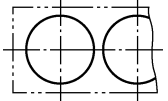
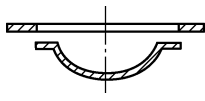
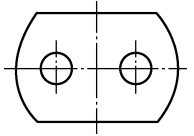
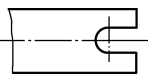
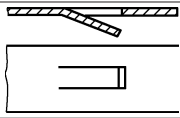
第二节 冷作钣金冲裁

冲裁也是钢材切割的一种方法，对成批生产的零件或定型产品，应用冲裁下料，可提高效率和产品质量，有利于实现机械化和自动化，因而广泛使用。

冲裁时，材料置于凸、凹模之间，在外力的作用下，凸、凹模产生一对剪切力（剪切线通常是封闭的），材料在剪切力作用下被分离。冲裁过程中材料的变形情况及断面状态，与剪切时大致相同。

冲裁工艺的种类很多，有落料、冲孔、切断、切边、切口和切舌等，见表 4-16。其中以落料、冲孔应用最多。若冲裁时，沿封闭曲线以内被分离的材料是零件，称为落料。反之，封闭曲线以外的板料作为零件，称为冲孔。

表 4-16 冲裁工艺

类 型	图 形	类 型	图 形
落料		切边	
冲孔		切口	
切断		切舌	

一、冲裁设备的构造和分类

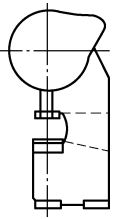
冲裁是依靠压力机对模具施加外力来完成冲裁工作的，冲压要求不同，选用压力机的类型也不同。压力机的类型很多，按传动方式分机械压力机和液压机两大类，其中机械压力机在生产中应用较广。

常用的机械压力机有曲柄压力机、摩擦压力机等，其中曲柄压力机最常用。曲柄压力机是通用性的压制设备，不但可用于冲裁，还可用于压弯、压延等成形加工。曲柄压力机按滑块行程是否可调分为偏心压力机和曲柄压力机。偏心压力机的行程不大，但行程是可调的；曲柄压力机的行程较大，行程为曲轴偏心半径的 2 倍，是不可调节的，但其装模高度是可调的。装模高度是指滑块在下死点，滑块底面到工作台上垫板平面的高度。调节时，旋转连杆上的螺杆，改变连杆长度，从而改变装模高度。

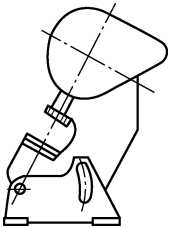
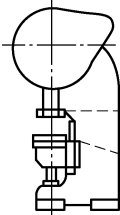
曲柄压力机按机架形式分为开式和闭式两种，按连杆数目分单点式、双点式和四点式等。其中，开式按其工作台结构分为固定式、可倾式和升降式三种，见表 4-17。

1. 开式压力机

表 4-17 开式压力机分类

结构形式	图 示	结构特点
固定式		固定式压力机的刚性和抗振稳定性好，适用于较大吨位的冲裁

(续)

结构形式	图 示	结 构 特 点
可倾式		可倾式压力机的工作台可倾斜 20° ~ 30°，冲裁后工件或废料可靠自重沿工作台滑下
升降式		升降式压力机适用于模具高度变化的冲压工作

开式压力机的床身呈 C 字形，其前面、左面和右面三个方向都是敞开的，操作和安装模具都很方便，便于自动送料。但此类压力机的刚度较差，当冲压力较大时，床身易变形，影响模具的使用寿命。因此开式压力机的吨位不能太大，一般为 40 ~ 4000kN，适用于中、小型工件的冲压。

2. 闭式压力机

图 4-2 所示为闭式压力机简图，其床身两侧是封闭的，只能前后送料，操作不如开式压力机方便。但此类压力机刚度好，承受的负荷较均匀，能承受较大的压力。因此闭式压力机的吨位较大，一般为 1600 ~ 20000kN，适用于大、中型工件的冲压加工。

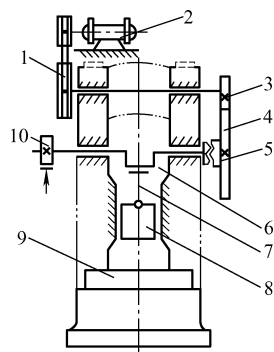


图 4-2 闭式压力机简图

- 1—带轮 2—电动机 3、4—齿轮
5—离合器 6—曲轴 7—连杆
8—滑块 9—工作台 10—制动器

二、冲裁力的计算

冲裁力是选择冲压设备吨位和确定冲模强度的一个重要依据。

平刃冲裁模的冲裁力可按下式计算，即

$$F = KL\delta\tau$$

式中 F ——冲裁力 (N)；

L ——冲裁周边长度 (mm)；

δ ——材料厚度 (mm)；

τ ——材料抗剪强度 (N/mm^2);

K ——修正系数。

K 是考虑到实际生产中的各种因素而给出的一个修正系数。例如, 由于冲模刃口的磨损、模具间隙的不均匀、板料力学性能和厚度变化等, 可能使实际所需的冲裁力比计算结果大。一般取 $K = 1.3$ 。

为了简便, 有时也可按下式估算冲裁力, 即

$$F = L\delta\sigma_b$$

式中 L ——冲裁周边长度 (mm);

δ ——材料厚度 (mm);

σ_b ——材料的抗拉强度 (N/mm^2)。

用普通平刃冲模进行冲裁时, 是沿整个冲裁线同时发生剪切作用, 所以冲裁力较大。为降低冲裁力, 解决冲裁设备吨位不足的问题, 可采用如下办法。

1. 斜刃冲模

通过模具的斜刃, 使材料依次受力, 逐渐分离, 可明显降低冲裁力, 并可改变压力机受冲击状况。

如图 4-3 所示, 为了制取平整的零件, 落料 (周边为废料) 时, 应将斜刃制在凹模上, 而凸模是平刃; 冲孔 (孔中间为废料) 时, 应将斜刃制在凸模上, 而凹模是平刃。为避免在冲裁过程中产生使模具水平移动的侧向力, 斜刃应对称布置。

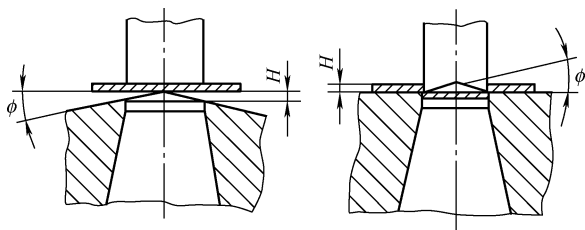


图 4-3 斜刃冲模

2. 阶梯冲模

为使冲裁力峰值不同时出现, 可将多冲头冲模做成阶梯形式, 如图 4-4 所示。阶梯冲模也要注意使各阶梯凸模对称分布, 而且细冲头应尽量做得短些。阶梯高度 H , 对于薄板, 取其等于板厚; 对于厚板, 可取其等于板厚的 $1/2$ 左

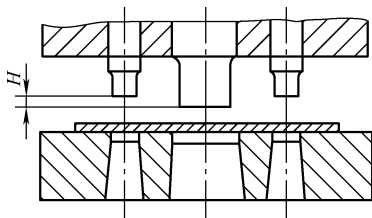


图 4-4 阶梯冲模

右。而且材料强度高时， H 值应小些；材料强度低时， H 值可大些。

3. 加热冲裁

将板料加热后，其抗剪强度大大降低，使冲裁力减少。例如，一般碳素结构钢加热至 900°C 时，其抗剪强度只有常温下的 10% 左右。所以在厚板冲裁且压力机能力又不足时，常采用加热冲裁，加热温度一般取 $700 \sim 900^{\circ}\text{C}$ 。

上述三种降低冲裁力的措施，均有其缺点。斜刃冲模和阶梯冲模的主要缺点是制造困难，加热冲裁的主要缺点是冲裁零件的质量降低和工作条件差及消耗能源。

三、压力机的操作方法

1) 首先应检查压力机运转是否正常，将整套模具放在压力机工作台上，并将模具与压力机的接触面擦拭干净。

2) 滑块停置下死点，调节连接螺杆，确保与工作台之间的闭合高度大于模具的高度，否则会损坏设备、模具，甚至引起安全人身事故。

3) 对有导向装置的模具，可将上、下模在导向件吻合状态下，一起安放到压力机工作台上；并将上模的模柄对准滑块孔，然后使滑块缓慢下降，直至滑块下平面紧贴上模，拧紧紧固螺栓，将上模固定在滑块上；再对下模用螺栓进行紧固；完成装模工作。

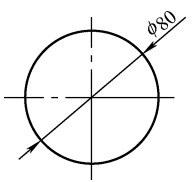
4) 对无导向装置的模具，需将上模置平，确保上模与滑块下平面贴紧，拧紧紧固螺栓。然后，安装下模，同时使上模和下模对准吻合，再拧紧下模螺栓。这里，要注意在拧紧下模螺栓之前，需调整好下模的间隙，否则会损坏模具。

5) 仔细检查安装无误后，在上、下模的接触部分及导柱加上润滑剂，然后开动压力机，空车运行几次，看运动是否正常。进一步检查冲模的安装、紧固、调整是否妥当。

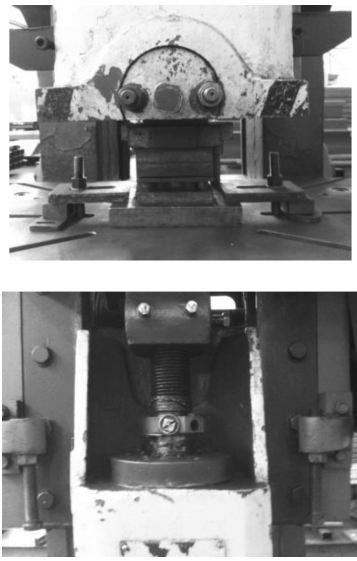
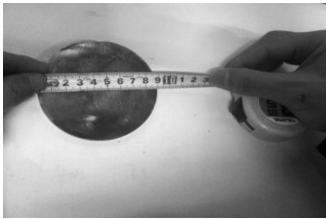
6) 试冲时逐步调整闭合高度，直至符合要求，然后紧固调节螺杆，调整打料和其他装置。

冲裁实例：以表 4-18 所示的工件为例，介绍在 1000kN 开式双柱可倾压力机上冲厚度为 2mm、孔径为 $\phi 80\text{mm}$ 的圆孔的一般操作过程。

表 4-18 冲圆孔一般操作过程

序 号	图 示	操 作 步 骤
1		根据图样，选择好冲 $\phi 80\text{mm}$ 圆孔的模具

(续)

序 号	图 示	操 作 步 骤
2		1) 开动设备, 将滑块停置于下死点, 确保与工作平台之间的闭合高度大于模具的高度 2) 将模具放置在工作平台上, 模柄对准滑块孔, 下模出料孔与工作平台上的孔对正, 调节连接螺杆, 直至滑块下平面紧贴上模, 拧紧紧固螺栓, 将上模固定在滑块上, 再对下模用螺栓进行紧固 3) 调节连接螺杆, 使滑块上升, 将板料放入模具中, 进行试冲; 逐步调整闭合高度, 直至板料冲断。紧固调节螺杆
3		用卷尺或游标卡尺等量具对冲孔或落料的$\phi 80\text{mm}$圆进行测量, 符合图样要求后, 方可进行批量生产

四、压力机的安全使用和维护

1. 压力机的安全使用

可结合本单位实际情况, 编写压力机的安全使用规程。1000kN 开式双柱可倾压力机的安全使用规程见表 4-19。

表 4-19 1000kN 开式双柱可倾压力机的安全使用规程

× × 车间、工厂				文件编号:			
				第 版 共 页			
设备安全使用规程				生效日期:			
设备名称		1000kN 开式双柱可倾压力机					
设备编号				操作人员			
编制		审核		批准			

(续)

- 一、基本要求

 - 1) 本机床滑块公压力为 1000kN，在该机床上加工的产品，严禁超负荷使用设备
 - 2) 只有经过培训且考试合格，并持有该设备操作证的人员方可操作该设备
 - 3) 冲压工件时，严禁双片送料。冲剪小件材料时，必须使用专用工具，严禁用手扶持
 - 4) 严禁在模具中放置异物，严禁在按下操纵按钮的情况下校正工件的位置
 - 5) 若发现咬模、工作质量不好或其他异常现象时，应立即停车排查故障
 - 6) 模具安装必须牢固、准确（受力中心应与机床中心线重合），装模后，用点动试车，确认装模正确后，才能准备试冲
 - 7) 按规定穿戴劳动防护用品
 - 8) 操作者务必做到机转人在、人走机停
 - 9) 严禁酒后上岗
 二、工作前

 - 1) 严禁设备带故障工作，发现问题应及时通知维修人员处理
 - 2) 检查机床工作区域内有无障碍物，各连接部位有无松动，安全防护装置是否可靠
 - 3) 机床通电前，检查电源电压、频率是否分别在 361 ~ 399V，49. 5 ~ 50. 5Hz 之间
 - 4) 检查机床各润滑部位，检查各导轨滑动面有无擦伤现象
 - 5) 检查机床各开关按钮是否完好，各限位开关是否灵活可靠
 - 6) 检查上下模是否对中
 - 7) 设备必须空载运行 5min，试验检查离合器、制动器及操纵机构是否灵活可靠
 三、工作中

 - 1) 操作者必须正确操作设备，严禁频繁地起动主电机
 - 2) 飞轮必须达到最大转速方可接通离合器，使冲头工作
 - 3) 装好模具后，采用寸动行程，逐步将滑块开至下死点（应特别注意不能使模具相碰）再校正模具位置和调整滑块高度。此时应特别注意，严禁盲目开动单次、连续行程
 - 4) 需要使用打料装置的模具，必须调节好打料螺栓的位置，使推料动作发生在滑块行程接近于上死点处，严禁使推料器接触滑块打料槽底部，以免产生严重设备事故
 - 5) 多人作业时，由专人统一指挥，严禁操作时谈话嬉闹
 四、工作后

 - 1) 将滑块落在下死点，按顺序关闭机床，切断电源
 - 2) 严格执行班后“六不走”的规定。
 - 3) 操作者应每天正确填写好交接班记录和日检卡

2. 压力机的保养维护

可结合本单位实际情况，编写压力机的日常维护规程（见表 4-20）和日常保养表（见表 4-21）。

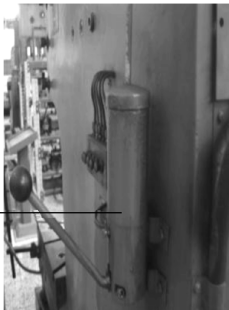
表 4-20 1000kN 开式双柱可倾压力机的维护规程

× × 车间、工厂		文件编号：	
		第 版 共 页	
车间设备日常维护规程		生效日期：	
设备名称	1000kN 开式双柱可倾压力机		
设备编号		操作人员	

(续)

编制		审核		批准	
一、基本要求 1) 操作人员必须经过相关培训,熟悉本台设备的结构、性能及操作方法 2) 操作人员必须了解该设备的各项安全规定,懂得安全、规范的维护方法 3) 操作人员必须确保自身身体条件合格,方可开展日常维护工作。进行设备日常维护前先切断总电源,以免造成触电事故或突然开启设备时造成人身伤害 二、维护过程 维护过程中必须严格遵守设备安全使用的相关规定。设备操作人员每班须严格按照下述要求进行清扫: 1) 开机前清理滑块升降导轨副、轴套、升降丝杠、机床表面上的油污、金属粉末,并加注润滑油脂 2) 清理电动机散热片及防护罩表面油污,确保电动机散热良好 3) 将设备四周及地面上的油污、污水、其他杂物清理干净,确保操作人员处于干净整洁的工作环境中 三、维护过程中的注意事项 1) 加注的润滑油脂必须是洁净的 2) 不同牌号的润滑油脂不可混合使用 3) 潮湿环境不可使用钠基润滑脂 四、维护完成后检查工作 维护完成后及时清理油污,恢复到保养前的状态。清理所有保养工具及耗材,不可遗留在生产现场					

表 4-21 1000kN 开式双柱可倾压力机日常保养表

设备名称		开式双柱可倾压力机		设备编号		班 组	
							
序号	加油位置	润滑点数量	润滑件名称	油脂重量	油脂类别	加注周期	加注方法
1		2 处	滑块导轨	适量	3 号钙基脂	每天	油泵

(续)

序号	加油位置	润滑点数量	润滑件名称	油脂重量	油脂类别	加注周期	加注方法
2		1 处	丝杠	适量	3 号钙基脂	每天	黄油枪
3		1 处	手动油泵	适量	普通润滑脂	每班	油泵

第三节 冷作钣金气割

氧乙炔切割是根据某些金属（如铁）被加热到一定温度时在氧气流中能够剧烈氧化（即燃烧）的原理，用割炬来进行切割的。图 4-5 所示为手工切割操作图。

氧乙炔切割的过程由金属的预热、金属的燃烧和氧化物被吹走三个阶段组成。

（1）金属的预热 开始气割时，必须用预热火焰将切割处的金属预热至燃烧温度，一般碳钢在纯氧中的燃点为 1100 ~ 1150℃。

（2）金属的燃烧 把切割氧喷射到温度达到燃点的金属上时，金属便开始剧烈地燃烧，产生大量的氧化物（熔渣）。由于燃烧时放出大量的热，使氧化物呈液体状态。



图 4-5 手工切割操作图

（3）氧化物被吹走 液态氧化物受切割氧流的压力而被吹走，这样上层的金属氧化时产生的热传至下层金属，使下层金属预热到燃点，切割过程由表面深入到整个厚度，直至将金属割穿。同时，金属燃烧时产生的热量和预热火焰一起，又将邻近的金属预热到燃点，沿切割线以一定的速度移动割炬，即可形成割缝，使金属分离。

金属材料只有满足下列条件，才能进行气割。

1) 金属材料的燃点必须低于其熔点。这是保证切割在燃烧过程中的基本条件。否则，切割时金属先熔化变为熔割过程，使割口过宽，而且不整齐。

2) 燃烧生成的金属氧化物的熔点，应低于金属本身的熔点，同时流动性要好。否则，就会在割口表面形成固态氧化物，阻碍氧流与下层金属的接触，使切割过程不能正常进行。

3) 金属燃烧时应能放出大量的热，而且金属本身的导热性要低。这是为了保证下层金属有足够的预热温度，使切割过程能连续进行。

满足上述条件的金属材料有纯铁、低碳钢、中碳钢和普通低合金钢。而铸铁、高碳钢、铜、铝等有色金属及其合金，均难以进行氧乙炔气切割。

一、气割的工艺条件

1. 气割前的准备

1) 场地的准备。首先检查工作场地是否符合安全要求，然后将工件垫平。工件下面应留有一定的间隙，以利于氧化铁渣的吹出。工件下面的空间不能密封，否则会在气割时引起爆炸。工件表面的油污和铁锈要加以清除。

2) 检查切割氧流线（风线）。其方法是点燃割炬，并将预热火焰调整适当。然后打开切割氧阀门，观察切割氧流线的形状。切割氧流线应为笔直而清晰的圆柱体，并有适当的长度，这样才能使工件切口表面光滑干净，宽窄一致。如果风线形状不规则，应关闭所有的阀门，用通针或其他工具修整割嘴的内表面，使之光滑。

2. 气割工艺规范

手工气割有关工艺规范的选择，可参考表 4-22。

表 4-22 手工气割工艺规范的选择

钢板厚度/mm	割 炬		气体压力/ (kgf/cm ²) ^①	
	型 号	割 嘴 号 码	氧 气	乙 炔
3.0 以下	G01—30	1 ~ 2	3 ~ 4	0.01 ~ 1.2
3.0 ~ 12	G01—30	1 ~ 2	4 ~ 5	
12 ~ 30	G01—30	1 ~ 2	5 ~ 7	
30 ~ 50	G01—100	3 ~ 5	5 ~ 7	
50 ~ 100		5 ~ 6	6 ~ 8	
100 ~ 150			8 ~ 12	
150 ~ 200	G01—300		10 ~ 14	
200 ~ 250			10 ~ 14	

① 千克力每平方厘米是非法定计量单位，其换算关系为：1kgf/cm² = 0.0980665MPa。

影响气割质量和效率的主要规范如下。

(1) 预热火焰的能率 预热火焰的能率是以可燃气体每小时消耗量 (L/h) 表示的, 它是由割炬型号及割嘴号码的大小来决定的。割嘴孔径越大, 火焰的能率也就越大。

火焰能率应根据工件厚度恰当选择。火焰能率过大, 使割缝边缘产生连珠状钢粒, 甚至边缘熔化成圆角, 同时背面有黏附的熔渣, 影响气割质量; 火焰能率过小, 则割件得不到足够的热量, 气割过程容易中断, 而且切割表面不整齐。

(2) 氧气压力 氧气压力要根据工件厚度、割嘴孔径和氧气纯度选定。氧气压力过低时, 金属燃烧不完全, 切割速度降低, 同时氧化物吹除不干净, 甚至割不透; 氧气压力过高时, 过剩的氧气反而起了冷却作用, 使气割速度和表面质量降低。

(3) 气割速度 气割速度必须与切口整个厚度上金属的氧化速度相一致。气割速度过小, 会使切口边缘熔化, 切口过宽, 薄板则易产生过大的变形; 气割速度过大, 则会造成切口下部燃烧比上部慢, 出现较大的后拖现象, 甚至割不透。手工气割时, 通常凭操作者的经验控制合适的气割速度。

(4) 预热火焰 氧乙炔气切割时的预热火焰根据氧气和乙炔气的混合比不同, 分为碳化焰、氧化焰、中性焰三种。气割所用的是氧气和乙炔比例适中、火焰中两种气体均无过剩的中性焰。这种火焰最高温度可达 3000°C 左右, 且对高温金属碳化或氧化作用极小。

图 4-6 所示为预热火焰图。

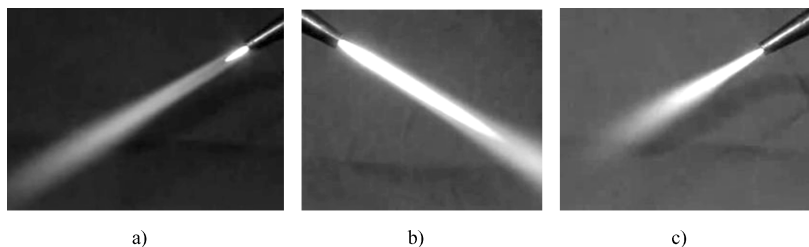


图 4-6 预热火焰图

a) 中性焰 b) 碳化焰 c) 氧化焰

二、气割的操作方法

气割时调整好预热火焰 (中性焰), 将割嘴对准钢板边缘进行加热。为了清晰观察切割线准确切割, 通常气割自右向左进行。当金属温度到达燃点时, 打开高压氧气, 使金属燃烧, 吹渣, 并按切割线匀速移动割炬进行切割。气割时, 割嘴与钢板表面应保持垂直, 钢板表面与割嘴的距离一般为 $10 \sim 15\text{mm}$, 如图 4-7a

所示。当钢板厚度较大（大于 100mm），其距离应增大些，防止飞溅物阻塞割嘴造成回火。气割接近终点时，应将割嘴向切割前进的相反方向倾斜一些，以利于钢板下部提前割透，使收尾的割缝较整齐，如图 4-7b 所示。

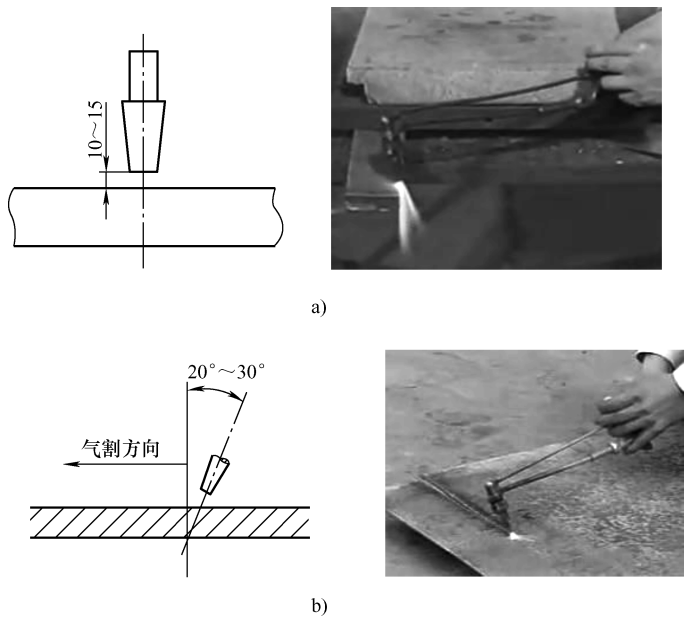


图 4-7 割嘴的参数调整
a) 割嘴与钢板表面间隙 b) 切割角度与方向

三、气割设备的安全使用和维护

1. 气割设备的安全使用

可结合本单位实际情况，编写数控火焰切割机设备的安全使用规程，见表 4-23。

表 4-23 数控火焰切割机安全使用规程

× × 车间、工厂		文件编号：			
		第 版 共 页			
设备安全使用规程		生效日期：			
设备名称		数控火焰切割机			
设备编号		执行人员		操作人员	
编制		审核		批准	

(续)

一、基本要求	
1) 操作人员必须熟悉机床的结构、性能、操作、保养方法和润滑部位，经考试合格取得操作证才能上岗，非操作人员严禁使用	
2) 按规定正确穿戴劳动保护用品，袖口要扎紧，女员工发辫要放入工作帽内，严禁酒后上岗	
3) 该机床只能够用于切割碳素钢，严禁切割其他材料	
二、工作前	
1) 检查机床各部分完好性，检查大小车导轨以及工作台上有无妨碍机床正常运行的异物	
2) 检查急停按钮及功能按钮是否正常	
3) 检查稳压电源输出电压是否符合要求	
4) 打开可燃气体控制阀，并检查压力是否符合要求	
5) 打开氧气控制阀，并检查压力是否符合要求	
6) 检查割炬单元及调高装置是否完好、正常	
7) 试运行设备，检查是否有异常的振动和声响等情况，如有停机检查原因	
三、工作中	
1) 合上控制柜电源开关后，待系统进入工作状态后，调取相关程序，并调整切割参数，即可进入切割	
2) 当切割工件的板厚、材质等变化时，要根据相应的切割工艺重新设定切割参数及更换割嘴	
3) 当进行边缘切割时，应关闭自动调高开关，以防止割炬运行到钢板外部突然下降与工作台碰撞而损坏割炬，当割炬运行到钢板内部时才允许重新打开自动调高开关	
4) 发现异常情况应立即停机检查，以便维修诊断	
5) 数控系统在使用过程中，无论什么原因造成断电关机，开机时数控系统电源开关在来电后应延迟 1min 以上再接通	
四、工作后	
1) 系统退回操作主菜单，所有割炬上升到最高位置，各控制开关复位，关闭数控系统电源	
2) 关闭所有气源、电控箱上的电源，再关闭总电源	
3) 认真清除擦净设备机身，纵向、横向导轨面和齿条等处，并加油保养	
4) 每班应做好工作记录和交接班记录	

2. 数控火焰切割机设备的维护

可结合本单位实际情况，编写数控火焰切割机设备的维护规程（见表 4-24）和数控火焰切割机日常保养表（见表 4-25）。

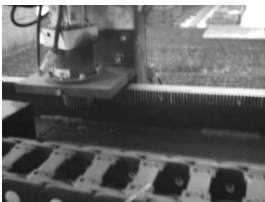
表 4-24 数控火焰切割机维护规程

× × 车间、工厂		文件编号：			
		第 版 共 页			
设备维护规程		生效日期：			
设备名称		数控火焰切割机			
设备编号		操作人员			
编制		审核		批准	

(续)

一、基本要求
1) 操作者必须经过专业培训,熟悉本台切割机的结构、性能及操作方法
2) 操作者必须了解本台切割机的各项安全技术要求,懂得安全、规范的维护方法
3) 操作者必须确保自身身体条件合格,方可开展日常维护工作
二、维护过程
1) 维保过程中必须严格遵守各项设备安全使用规定
2) 打扫前先切断总电源,以免造成触电事故
3) 设备操作者每班必须对设备进行清扫并严格按照下述要求进行切割机的清扫:
① 下班前用压缩空气吹干净横梁、小车及其附属设施上面的灰尘
② 用抹布抹掉横向导轨、齿轮齿条与纵向导轨齿轮齿条上的固体遗留物以及导轨上面的油泥
③ 待导轨、齿轮齿条清扫干净后,用油壶加油,使表面保持有一定的油层
4) 操作者必须每工作日对各油口进行集中润滑,具体保养点及图片见表 4-25
三、本台切割机维护过程中需特别注意的事项
1) 加在导轨上面的油量取决于设备运行时间的长短。油过多,在上下工作台的时候,易造成安全隐患;油过少,不利于设备的维护保养
2) 因切割机工作时,会产生灰尘,所以一定要用压缩空气吹
四、维护完成后检查工作
1) 导轨上无遗留的铁屑、氧化铁渣等异物
2) 导轨面、齿轮齿条均需一定的油膜
3) 清扫、润滑工具应按规定位置摆放整齐

表 4-25 数控火焰切割机日常保养表

设备名称	数控火焰切割机	设备编号		部门		
						
序号	保养点	保养部位	保养方式	所需材料	保养周期	责任人
1		横向导轨齿轮齿条	润滑	导轨油 L-G70	每班	操作人员

(续)

序号	保养点	保养部位	保养方式	所需材料	保养周期	责任人
2		纵向导轨齿轮齿条	润滑	导轨油 L-G70	每班	操作人员

第四节 等离子弧切割

将电弧强迫集中“压缩”，可以获得一种比电弧温度更高、能量更集中的热源——等离子弧。等离子弧的温度高达 15000 ~ 30000℃ 以上，现有的任何高熔点金属材料或非金属材料都可以被其熔化。利用一定的装置，选取适当的规范，可以使等离子弧的焰流具有很高的流速，产生很大的冲刷力。等离子弧切割就是以高温高速的等离子弧为热源，将被切割的金属或非金属材料局部熔化，并同时用高速气流将已熔化的金属或非金属材料吹走而形成狭窄切口。

一、特点和工艺参数选择

1. 等离子切割特点（见表 4-26）

表 4-26 等离子切割特点

名 称	外形结构	特 点
半自动 等离子弧 切割机	 	1) 能够切割氧乙炔焰和电弧所不能切割或难以切割的不锈钢、铜、铝、铸铁以及其他难熔金属和非金属材料 2) 切割速度高，热影响较小，工件变形小，而且切口窄、切口质量好，切割厚度可达 150 ~ 200mm 3) 成本较低，特别是采用氮气等廉价气体时，成本明显降低。更重要的是以火焰切割为代表的多种切割方式针对厚度为 3.0mm 以下薄板切割存在烧边问题，另外在材质上，火焰切割也无法完成不锈钢等材质的加工
数控等 离子弧切 割机		



2. 等离子切割工艺参数的选择

数控等离子弧切割机切割工艺参数的选择对切割质量、切割速度和效率等切割效果的影响是至关重要的。正确使用数控等离子弧切割机进行高质量的快速切割,必须对切割工艺参数进行深入理解和掌握。

各种等离子弧切割工艺参数直接影响切割过程的稳定性、切割质量和效果。下面将主要工艺参数简述如下。

(1) 空载电压和弧柱电压 等离子弧切割电源必须具有足够高的空载电压,才能容易引弧和使等离子弧稳定燃烧。空载电压一般为 120 ~ 600V,而弧柱电压一般为空载电压的一半。提高弧柱电压,能明显地增加等离子弧的功率,因而能提高切割速度并能切割更大厚度的金属板材。弧柱电压往往通过调节气体流量和加大电极内缩量来达到,但弧柱电压不能超过空载电压的 65%,否则会使等离子弧不稳定。

(2) 切割电流 增加切割电流同样能提高等离子弧的功率,但它受到最大允许电流的限制,否则会使等离子弧柱变粗、割缝宽度增加、电极寿命下降。

(3) 气体流量 增加气体流量既能提高弧柱电压,又能增强对弧柱的压缩作用而使等离子弧能量更加集中、喷射力更强,因而可提高切割速度和质量。但气体流量过大,反而会使弧柱变短,损失热量增加,使切割能力减弱,直至使切割过程不能正常进行。

(4) 电极内缩量 所谓电极内缩量,是指电极到割嘴端面的距离。合适的距离可以使电弧在割嘴内得到良好的压缩,获得能量集中、温度高的等离子弧而进行有效的切割。距离过大或过小,会使电极严重烧损、割嘴烧坏和切割能力下降。电极内缩量一般取 8 ~ 11mm。

(5) 割嘴高度 割嘴高度是指割嘴端面至被割工件表面的距离。该距离一般为 4 ~ 10mm。它与电极内缩量一样,距离要合适才能充分发挥等离子弧的切割效率,否则会使切割效率和切割质量下降或使割嘴烧坏。

(6) 切割速度 以上各种因素直接影响等离子弧的压缩效应,也就是影响等离子弧的温度和能量密度,而等离子弧的温度、能量决定着切割速度,所以以上的各种因素均与切割速度有关。在保证切割质量的前提下,应尽可能提高切割速度。这不仅能提高生产率,而且能减少被割零件的变形量和割缝区的热影响区域。若切割速度不合适,其效果相反,而且会使粘渣增加,切割质量下降。

二、切割操作方法

操作人员每天按照以下顺序进行操作。

1) 起动空压机、空气干燥机。

- 2) 起动机床控制柜、等离子电源。
- 3) 设置好所有参数后运行程序进行切割。
- 4) 用 AutoCAD 或其他制图软件画零件图，并进行零件套料转换程序，为方便程序的调用及管理，将程序名称保存为该零件的图号。
- 5) 将转化好的程序用 U 盘复制到机床的控制柜上。
- 6) 根据所选择程序的材料及厚度，设置工艺参数。
- 7) 调整好割枪在板材上的位置，运行程序进行切割。
- 8) 结束切割，下料、清渣。
- 9) 工作完成后，关闭所有电源、气源。

三、等离子弧切割设备的安全使用和维护

1. 等离子弧切割设备的安全使用

工厂或企业根据实际情况，可将设备的安全使用及维护，按表 4-27 编制工艺文件或作业指导书，用以规范化、标注化作业。以 ERGOSTAR EXA 4000 型等离子切割机为例，表 4-27 为该设备的安全使用规程。

表 4-27 ERGOSTAR EXA 4000 型等离子弧切割设备的安全使用规程

× × 车间或工厂设备安全使用规程					
设备名称		数控等离子弧切割机			
设备编号		操作人员			
编制		审核		批准	
一、基本要求 1) 操作人员必须熟悉机床的结构、性能、操作、保养方法和润滑部位，经考试合格取得操作证才能上岗，非操作人员严禁使用 2) 按规定正确穿戴劳动保护用品，袖口要扎紧，女员工发辫要放入工作帽内，严禁酒后上岗 3) 该机床只能够用于加工板厚为 32mm 以下的碳素钢、板厚为 20mm 以下的不锈钢以及板厚为 18mm 以下铝材，切割不同的材质时应使用专用的易损件和气体，严禁切割其他材料 二、工作前 1) 检查机床各部分完好性，检查大小车导轨以及工作台上有无妨碍机床正常运行的异物 2) 检查急停按钮及功能按钮是否正常 3) 严禁在等离子电源上摆放任何物品 4) 检查稳压电源输出电压是否符合要求 5) 检查各气体进口压力是否达到要求，检查油水分离器并排出杯中污物 6) 按顺序开机，即先打开外部的电源（等离子弧电源、除尘系统电源），再打开机床控制柜电源（注意：此时不要插入 U 盘或软盘） 7) 确保所有参数设置正确，易损件是否选用正确且状态良好，避免过度使用而烧坏割枪。更换易损件时应提前关闭等离子弧电源，更换中严禁戴手套，并保持双手清洁，更换涡流环时要涂专用的润滑脂 8) 试运行设备，检查是否有异常的振动和声响等情况，如有停机检查原因					

(续)

三、工作中				
1) 操作人员必须时刻监督切割过程，确保设备正常、稳定运行				
2) 注意观察切割中割炬调高装置是否正常，特别是弧压控制调节装置，如不正常要及时停止切割，检查原因				
3) 及时清理影响切割机运行的已切割零件，防止割炬与其碰撞				
4) 为了防止着火和爆炸，易燃材料切勿放置于切割中火花可飞溅到的范围内，使用手工割枪须远离设备上的电缆、气管				
5) 在钢板校正、回零和锁住手动的状态下，须保持割炬位置处于顶部				
6) 在切割件的板厚、材质等变化时，要根据相应的切割工艺重新设定切割参数，并根据实际需求更换易损件				
7) 发现异常情况应立即停机检查，以便维修诊断				
8) 严禁在工作台上堆放产品和打飞边				
9) 在辅助切割时间内，应关闭除尘系统净化器电动机，以提高除尘滤芯的反吹效果				
四、工作后				
1) 将系统退回操作主菜单，割炬上升到最高位置，各控制开关复位				
2) 按顺序关机，即首先关闭系统电源，再分别关闭机床控制柜电源和外部的电源（等离子弧电源、除尘系统电源）				
3) 关闭机床所需的所有气体控制阀				
4) 清理除尘灰桶的积灰、清除擦净设备机身，纵向、横向导轨面以及齿条等处并加油润滑				
5) 每班应做好工作记录和交接班记录				

2. 等离子切割设备的维护和日常保养

操作者必须每工作日对设备进行日常维护和保养，对各油口进行集中润滑。以 ERGOSTAR EXA 4000 型等离子弧切割机为例，表 4-28 为等离子弧切割设备的维护规程，表 4-29 为等离子弧切割设备的日常保养表。

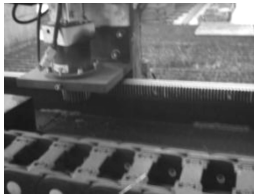
表 4-28 等离子弧切割设备的日常维护规程

× × 车间或工厂设备日常维护					
设备名称		等离子弧切割机			
设备编号			操作人员		
编制		审核		批准	
一、基本要求					
1) 操作者必须经过专业培训，熟悉本台切割机的结构、性能及操作方法					
2) 操作者必须了解本台切割机的各项安全技术要求，懂得安全、规范的保养方法					
3) 操作者必须确保自身身体条件合格，方可开展日常维保工作					
二、维护过程					
1) 维护过程中必须严格遵守各项设备安全使用规定					
2) 打扫前先切断总电源，以免造成触电事故					
3) 设备操作者每班必须对设备进行清扫并严格按照要求进行切割机的清扫					
4) 下班前用压缩空气吹干净横梁、小车及其附属设施上面的灰尘					
5) 用抹布抹掉横向导轨、齿轮齿条与纵向导轨齿轮齿条上的固体遗留物以及导轨上面的油泥					

(续)

6) 待导轨、齿轮齿条清扫干净后，用油壶加油，使表面保持有一定的油层
7) 操作者必须每工作日对各油口进行集中润滑，具体保养点及图片见表 4-29
三、本台切割机维护过程中需特别注意的事项
1) 加在导轨上面的油量取决于设备运行时间的长短，油过多，在上下工作台的时候，易造成安全隐患；油太少，不利于设备的维护保养
2) 因切割机工作时，会产生灰尘，所以一定要用压缩空气吹
四、保养完成后检查工作
1) 导轨上无遗留的铁屑、氧化铁渣等异物
2) 导轨面、齿轮齿条均需一定的油膜
3) 清扫、润滑工具应按规定位置摆放整齐

表 4-29 等离子弧切割设备的日常保养表

× × 车间或工厂设备日常保养						
设备名称	等离子弧切割机	设备编号		部门		
  						
序号	保养点	保养部位	保养方式	所需材料	保养周期	责任人
1		等离子电源	加切削液	切削液	每周	操作人员
2		横向导轨、齿轮齿条	润滑	导轨油 L-G70	每班	
3		纵向导轨、齿轮齿条	润滑	导轨油 L-G70	每班	



(续)

序号	保养点	保养部位	保养方式	所需材料	保养周期	责任人
4		储气罐	排污	无	每天	操作人员
5		除尘主机	清洁	无	每班	

第五章

冷作钣金成形

第一节 手工成形

手工成形是用锤子或手动机械使钢板和型钢成形的办法。手工成形工具简单，操作灵活，应用面广，是冷作钣金操作的基本功之一。手工成形根据成形材料的温度分为冷成形和热成形。

一、板料弯曲

板料弯曲是钣金成形基本操作工艺。弯曲形式一般有两种，即角形弯折和弧形弯曲。

1. 角形弯折

板料角形弯折后出现平直的棱角。弯折前，板料根据零件形状划线下料，并在弯折处画出折弯线，一般折弯线画在折角内侧。如果零件尺寸不大，折弯工作可在台虎钳上进行。将板料夹持在台虎钳上，使折弯线恰好与钳口衬铁对齐，夹持力度合适。成形操作注意事项见表 5-1。90°折弯成形见表 5-2。

表 5-1 成形操作注意事项

		
当弯折工件在钳口以上较长或板料较薄时，应用左手压住工件上部，用木锤在靠近弯曲部位轻敲打	若板料在钳口以上部分较短，可用硬木垫在弯角处，再用力敲打硬木	如果钳口宽度比零件宽度小，可借助夹持工具完成

表 5-2 90°折弯成形

			
首先要在要弯曲的地方画好线	将板料夹在台虎钳上，让弯曲线与钳口平齐	用硬木块抵住折弯处根部，用锤子锤击	弯成 90°后，继续锤击，直到折弯处出现棱角

扁钢条弯曲见表 5-3。

表 5-3 扁钢条弯曲

	
较宽的钢条，利用材料的延伸性能，将其放置在平台上，在弯曲的外弯部分用铁锤敲击，其外圆弧部分金属纤维得到延伸，达到弯曲目的	较窄的板料，可将其直接放在 V 形铁或特制弧形架上，用圆钢直接敲击造成塑性变形，达到变形目的

2. 弧形弯曲

对于板料，可直接将板料置于圆钢上，用手压弯或用锤击的方法成形，见表5-4。

表 5-4 板料弯曲

锤弯		1) 首先弯曲板料的两端，再弯曲板料的中间 2) 每次弯曲的弧度不能太大，防止过弯或板料表面出现明显的弯曲棱线 3) 板料移动时要始终保持素线与圆钢中心线平行且方向一致 4) 锤击落点应处于板料与圆钢接触线旁的悬空处，力度适中且均匀
压弯		1) 板料的两端不易压弯时可先锤击预弯，再用手弯曲板料的中间部分 2) 每次弯曲的弧度不能太大，防止过弯或板料表面出现明显的弯曲棱线 3) 板料移动时要始终保持素线与圆钢中心线平行且方向一致

二、型钢弯曲

在生产中，型钢常被弯曲成一定角度、圆弧或圆环。弯曲时由于各面受力不均匀，易产生截面畸变，所以手工弯曲主要用于截面简单的型钢。目前，手工弯曲方法有冷弯和热弯之分，为保证弯曲质量，常在专门的手动弯曲机上进行，如图 5-1 所示。

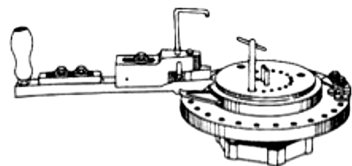


图 5-1 手动弯曲机

图 5-2 所示为矩形钢弯曲，图 5-3 所示为外弯角钢，图 5-4 所示为外弯槽钢。

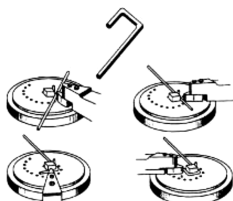


图 5-2 矩形钢弯曲

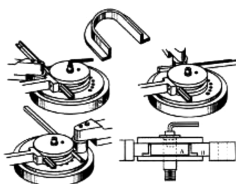


图 5-3 外弯角钢

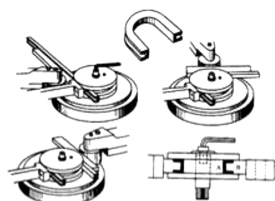


图 5-4 外弯槽钢

对于弯曲曲率大的型钢弯曲，有时也采用锤击的方法进行弯曲，如图 5-5 所示，锤击角钢一侧翼板的外沿处，使翼板外沿的金属变薄伸长而实现弯曲。

对于角钢和槽钢，如果内弯因为翼板受压容易产生翼边翘起，冷弯难度很大，一般采用加热煨弯。

如图 5-6 所示，在弯曲前先划出弯曲区域，两端适当加放一定的余量，然后将弯曲部分加热，碳钢的加热温度不能超过 1050°C 。弯曲时，将加热后的角钢置于平台 1 上，对准弯曲模 3，用卡子 4 和定位桩 5 固定，然后进行弯曲。在弯曲中用锤子锤击角钢的翼边，防止翼边翘起。

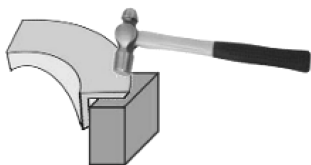


图 5-5 手工锤击角钢外弯

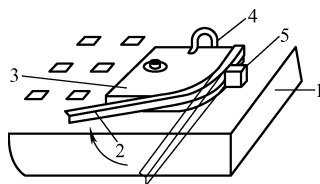


图 5-6 手工锤击角钢内弯

1—平台 2—角钢 3—弯曲模
4—卡子 5—定位桩

三、钢管弯曲

手工弯管是利用简单的弯管装置对管坯进行弯曲加工。根据弯管时是否加热，手工弯管又可分为冷弯和热弯两种。一般小直径（管坯外径 $D < 25\text{ mm}$ ）管坯，由于弯曲力矩较小，采用冷弯；而较大直径的管坯多采用热弯。手工弯管不

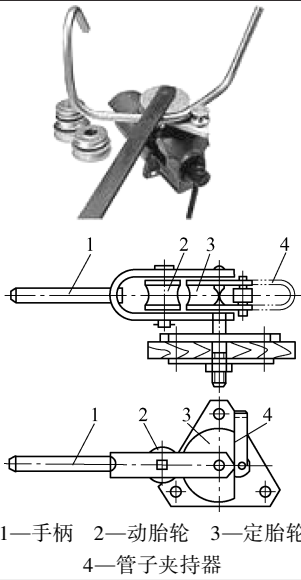
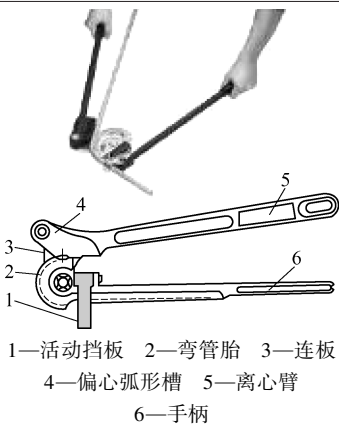
需专用的弯管设备，弯管装置制造成本低，调节使用方便，但缺点是劳动量大，生产率低。因此，它适用于没有弯管设备的单件小批量生产场合。

冷弯管时（不装砂、不加热），弯曲半径不小于管子外径的4倍。用弯管机冷弯管时，其弯曲半径不小于管子外径的2倍。热弯管时（装砂、加热），弯曲半径不小于管子外径的3.5倍。

1. 手工冷弯

常用工、机具有固定式手动弯管器、便携式手动弯管器和液压弯管机，见表5-5。由于不用加热灌砂，所以弯曲圆弧光滑、清晰、变形小。

表 5-5 常用手工冷弯工具

分 类	图 示	说 明
固定式手动弯管器	 1—手柄 2—动胎轮 3—定胎轮 4—管子夹持器	操作时，先根据被弯管子的外径和弯曲半径选用合适的胎轮，把定胎轮用销子固定在操作平台上，动胎轮插在推架上，将要弯曲的管子放在定胎轮和动胎轮之间的凹槽内，一端固定在管子夹持器内，然后推动手柄，绕定胎轮旋转，直到弯成所需要的角度为止
便携式手动弯管器	 1—活动挡板 2—弯管胎 3—连板 4—偏心弧形槽 5—离心臂 6—手柄	操作时，将被弯管子放在弯管胎槽内，一端固定在活动挡板上，推动手柄，便可将管子弯曲到所需要的角度

(续)

分 类	图 示	说 明
液压弯管机	 1—顶胎 2—管托 3—主体	先将顶胎退至管托后面，再把管子放在顶胎与管托的弧形槽中，并使管子弯曲部分的中心与顶胎的中心对齐，然后开动机器，将管子弯成所需要的角度，弯曲后，开倒车把顶胎退回到原来位置，取出煨好的弯管，检查角度。若角度不足，可继续进行弯曲。一般只用于弯曲外径不超过44.5mm的管子，弯曲角度不超过90°

2. 充砂手工热弯

充砂手工热弯有以下工序充砂、划线、加热和弯管。图 5-7 为充砂手工热弯示意图。热弯弯头的弯曲半径不得小于管子公称通径的 3.5 倍。弯曲后管壁变薄不得超过按计算所需壁厚的 15%。

(1) 充砂 填充用砂应用洁净、干燥且耐高温（1000℃左右不熔化）的河砂或海砂。砂子的粒度应根据管径的大小按表 5-6 选用。

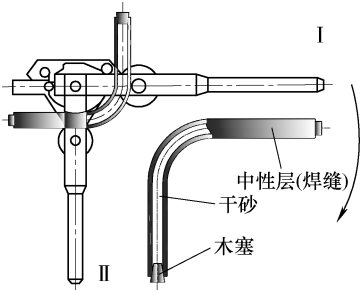


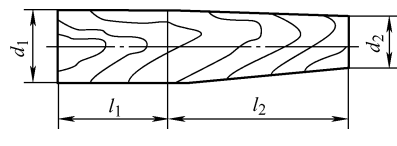
图 5-7 充砂手工热弯示意图

表 5-6 热弯钢管填充砂子的粒度

管子公称直径/mm	80	80 ~ 150	150
砂子粒度	1 ~ 2	3 ~ 4	5 ~ 6

充砂一般在充砂台进行，分段填充，每充一段，捣实砂子一段。填实砂子时，可用铁棍往下捣，或用锤子以及机械在管壁上敲击振实。当经过敲击而砂面不再下降，且发出的声音实而沉时，表明已捣实。砂子充实后，用木塞塞紧，可以多次使用。木塞尺寸见表 5-7。

表 5-7 木塞尺寸

图 示	尺 寸	管子公称通径/mm		
		50	50 ~ 150	150
	d_1	$1.3d$	$1.2d$	$1.2d$
	d_2	$0.8d$	$0.85d$	$0.9d$
	l_2	100	150	250
	l_1	$2.5d$	$(1 \sim 1.5)d$	$(0.75 \sim 1.5)d$

(2) 划线 把打好砂的管子用白铅油划出起弯点、弧长及弯头中心线。如图 5-8 所示，弧长 L 可用下式求出，即

$$L = \pi R \alpha / 180^\circ$$

式中 R ——弯曲半径 (mm)；
 α ——弯曲角度 ($^\circ$)。

(3) 加热 一般采用专用加热炉或焊炬进行加热，加热应缓慢均匀。碳素钢管一般加热到 $950 \sim 1000^\circ\text{C}$ ，管面的氧化层（轧制钢管时形成的保护层）成蛇皮状并开始剥落时，即表面管内砂子已经热透，可以开始弯管。弯头最好一次加热后弯成。管壁温度和颜色见表 5-8。

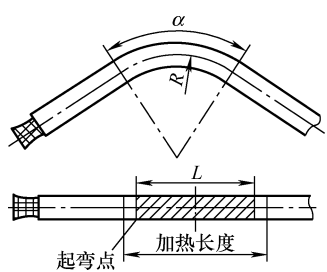


图 5-8 弯曲部分的标记

表 5-8 管壁温度和颜色

温度/ $^\circ\text{C}$	550	650	700	800	900	1000	1100
发光颜色	微红	深红	樱红	浅红	深橙	橙黄	浅黄

(4) 弯管 手动弯管工作一般在弯管平台上进行，将烧红的管子一端卡稳在弯管平台的两个固定销之间，扳动管子自由端进行弯曲，如图 5-9 所示。公称通径 100mm 以下的管子，可用大管套着自由端用手工弯管；较大直径的管子则用钢丝绳缚牢自由端，用提升机匀速、

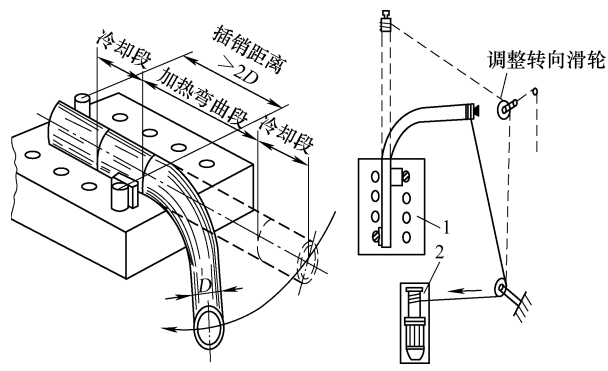


图 5-9 弯曲方法

缓慢拉动钢丝绳而使管子弯曲。采用提升机拉动时，钢丝绳与管子的夹角应保持 90° 左右，一般用导向滑轮控制在 $90^\circ \pm 15^\circ$ 范围内。

当一管段已弯曲到所要求的弯曲角度时，随即可用冷水浇冷该部分，继续弯曲直线部分，直到与样板完全相符为止。由于钢管冷却时自行弯回 $3^\circ \sim 5^\circ$ ，所以在弯管时应比样板多弯 $3^\circ \sim 5^\circ$ 。

在弯管过程中，如发现管子椭圆度过大、鼓包或出现较大折皱，应立即停止弯曲，并趁热用锤子修整。弯头弯成后，应趁热在弯曲部分涂上矿物油，以防锈蚀。

第二节 机械成形

机械成形是依靠机械设备将坯料加工成各种形状的成形方法。机械成形根据成形的设备和方法不同有压弯、卷弯和拉弯等。

一、折弯压力机压弯

折弯压力机压弯成形是利用模具对板材施加外力，使之弯成一定角度或一定形状的加工方法。压弯工件的质量很大程度上取决于模具的形状和尺寸精度。

1. 模具的选择及安装

1) 根据零件图样标注圆角半径及长度、弯曲形状选取上模。当图样无特别技术要求和工艺技术要求时，上模圆角半径通常取 $0.8 \sim 1.5$ 倍板厚；下模槽宽应大于或等于压型 $6 \sim 8$ 倍板厚，厚度 3mm 以下的板材通常取大于 6 倍板厚，厚度 3mm 以上的板材取大于 8 倍板厚厚度 12mm 以上的板材建议选取 10 倍板厚；折（压）弯下模按 V（或 U）形槽口的宽度选取，应保证折弯的工件侧边有足够的搭边量，并在折弯过程中始终与槽口顶角接触。折（压）弯 90° 的 V 形计算搭边量时，从折弯线到端部的距离，可按不小于 V 形槽口宽度的 0.7 倍确定。

2) 根据图样分析模拟压型过程，正确选择上模及下模形状。

3) 模具安装前，必须检查机床各部位运转是否正常，防护设施、安全装置是否可靠。

4) 模具安装前，先将机床的闭合高度调整到大于上、下模的总体高度，再将模具与机床的上、下接触面擦拭干净。

5) 模具安装时，应将模具放置在机床对中位置，先夹紧上模后，然后调节机床闭合高度，使上模与下模中心对正，稍微施压后再夹紧下模，如图 5-10 所示。



图 5-10 模具的安装

2. 压弯模的主要参数

压弯模的结构形式很多, 根据弯曲件的形状、所用的压弯设备和加工批量而定。一般简单工序压弯模应用广泛。

图 5-11 所示为单角压弯模。压弯模工作部分的尺寸主要包括凹模、凸模的圆角半径, 以及凹模的深度等。

凸模圆角半径 $R_{\text{凸}}$ 等于零件内壁的圆角半径 R , 但不能小于材料的最小弯曲半径。若弯曲件的相对弯曲半径 (R/δ) 较大, 精度要求较高时, 凸模圆角半径应根据压弯后的回弹量作相应的修正。

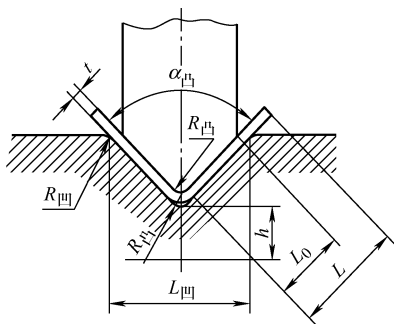


图 5-11 单角压弯模

凹模的圆角半径 $R_{\text{凹}}$ 随板料厚度 δ 而定:

当 $t \leq 2\text{mm}$ 时, $R_{\text{凹}} = (3 \sim 6)\delta$;

当 $\delta = 2 \sim 4\text{mm}$ 时, $R_{\text{凹}} = (2 \sim 6)\delta$;

当 $\delta > 4\text{mm}$ 时, $R_{\text{凹}} = 2\delta$ 。

$R_{\text{凹}}$ 越小, 所需的压弯力越大, 而且材料在压弯时, 易擦伤或出现裂纹, 因而不能小于 3mm 。由于凹模圆角在截面上为对称分布, 所以圆角的半径应一致, 否则会使压弯件产生偏移缺陷。

V 形压弯模的底部可开槽或取圆角半径为

$$R_{\text{底}} = (0.6 \sim 0.8)(R_{\text{凸}} + \delta)$$

凹模深度 L_0 值不能过小, 否则材料两端的自由部分太多, 压弯后回弹大而且不能平直, 但 L_0 值不能过大, 否则会使模具尺寸增大, 同时增加凸模的工作行程。单角压弯模的侧壁长度 L_0 及底部最小厚度 h 值查表 5-9。

单角压弯模凹模的两圆角中心之间的距离 $L_{\text{凹}} \geq 8\delta$ 。

表 5-9 单角压弯模的侧壁长度 L_0 及底部最小厚度 h 值 (单位: mm)

弯曲件边长 L	板料厚度 δ					
	≤ 2		2 ~ 4		> 4	
	h	L_0	h	L_0	h	L_0
10 ~ 25	20	10 ~ 15	22	15	—	—
> 25 ~ 50	22	15 ~ 20	27	25	32	30
> 50 ~ 75	27	20 ~ 25	32	30	37	35
> 75 ~ 100	32	25 ~ 30	37	35	42	40
> 100 ~ 150	37	30 ~ 35	42	40	47	50

3. 压弯件结构的工艺性

为保证压弯件的尺寸精度和质量,必须具有良好的工艺性,否则就会增加加工难度,而且加工后还不易保证压弯件的质量,为此应注意下列几点。

1) 压弯件的圆角半径不宜小于最小弯曲半径,但也不宜过大,因为过大时材料的回弹也大。当弯曲很小时,对于厚度为 1mm 以下的薄板,可改变工件的结构形状,如图 5-12 所示。将直角处改为凸底圆角形状;对于厚板,可在不影响构件强度的情况下,在弯曲处内侧开槽,以减少厚度,便于弯曲,如图 5-13 所示。

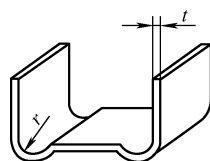


图 5-12 改变形状

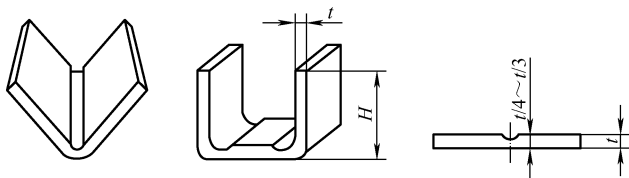


图 5-13 开槽

2) 压弯件的直边长度不得小于板料厚度的两倍,过小的直边不能产生足够的弯矩,为了达到形状准确的零件,弯曲件的直边长度一般不得小于 5 倍板厚,以保证足够的弯曲力矩,若小于 5 倍板厚时,可将直边适当地加长,弯曲后再行切除。

3) 为防止坯料横截面畸变,板料弯曲宽度一般不得小于 3 倍板厚,若小于 3 倍板厚时,应将几个件并起来在同一块板上弯曲,弯曲后再切开。

4) 材料的边缘局部弯曲时,为避免转角处撕裂,应先开工艺孔或切槽,也可先将弯曲线移动一定距离等工艺处理,如图 5-14 所示。

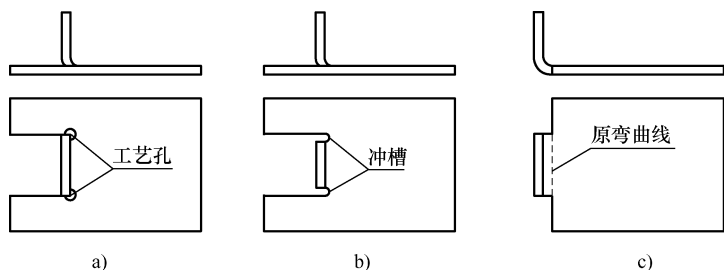


图 5-14 折弯工艺处理

a) 开工艺孔 b) 冲槽 c) 位移

5) 对于折弯件, 当弯曲半径较小时, 有可能在弯曲外边棱处产生裂纹。此时, 应先在折弯线两边 $2R + 20\text{mm}$ 的范围内将弯曲外边棱处倒圆。倒圆半径大小以不会产生裂纹为宜。一般情况下, 板厚 $\geq 3\text{mm}$ 时, 弯曲外边棱处倒圆半径等于 0.5 倍板厚, 如图 5-15 所示。

6) 压弯带孔零件时, 孔的位置不应位于弯曲变形区内, 以免使孔发生变形, 因此孔边至弯曲中心的距离如图 5-16 所示, 应符合以下要求:

当板料厚度 $\delta < 2\text{mm}$ 时, 孔边至弯曲中心的距离 $L \geq \delta$; 当板料厚度 $\delta \geq 2\text{mm}$ 时, 孔边至弯曲边缘的距离 $L \geq 2\delta$ 。

7) 压弯件的形状应对称, 内圆角半径要相等, 以保持材料压弯时的平衡。

8) 边缘部分有切口的弯曲件, 如果先将坯料的切口材料切去, 则弯曲时会出现叉口, 甚至无法成形, 因此应先进行弯曲成形, 然后再切除切口材料, 如图 5-17 所示。

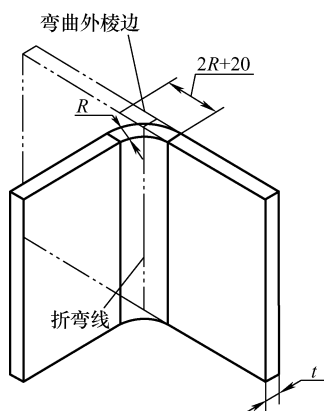


图 5-15 弯曲外边棱处倒圆

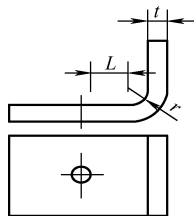


图 5-16 弯曲件的孔边距图

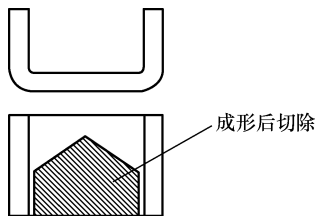


图 5-17 成形后开切口图

9) 折弯时应将坯料放置平稳并进行慢速弯曲, 连续定位折弯成形时, 应注

意定位准确程度的校正和检验，进料靠位时不可用力撞击定位挡板。压型零件出现的局部缺陷和裂纹，需经评审鉴定后确定是否可补焊，补焊后表面应磨修平整，对于重要件需探伤处理。

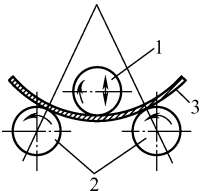
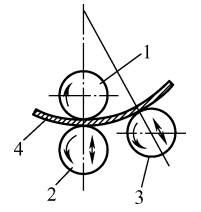
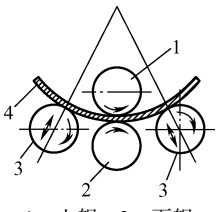
二、卷板机卷弯

在卷板机上对板料进行连续三点弯曲成形的加工方法称为卷弯。卷弯可将板料弯成圆管、圆柱面或圆锥等单曲率制件，也可以弯曲曲率半径较大的双曲面工件，如大直径球瓣等。如果在卷板机上配用适当的工艺装备，还可以卷弯型钢等。

1. 卷板机分类和常用卷板机

(1) 卷板机分类 卷板机根据辊筒数目可分为三辊卷板机和四辊卷板机两种，其中三辊卷板机按辊筒布置形式分为对称式和不对称式两种，见表 5-10。

表 5-10 三辊和四辊卷板机辊筒分布及工作原理

名 称	辊筒分布形式	工 作 原 理
对称式三辊卷板机	 1—上辊 2—下辊 3—板料	对称式三辊卷板机，在两个下辊 2 的中间对称位置上有一个上辊 1，上辊是被动的，能在垂直方向作上下调节，对板料 3 施加压力，以得到不同的弯曲程度。下辊 2 呈水平分布，安装在固定的轴承内，由电动机通过齿轮减速器作同方向、同速转动。工作时板料置于上、下辊之间，上辊下压，下辊旋转，在压力和摩擦力作用下，板料发生连续三点的均匀弯曲，从而完成滚弯成形。板料的弯曲半径由上辊的下压量来决定，下压量越大，弯曲半径越小；反之，弯曲半径越大
不对称式三辊卷板机	 1—上辊 2—下辊 3—侧辊 4—板料	不对称式三辊卷板机，上辊 1 位于下辊 2 的上面，另一辊轴 3 在侧面，称为侧辊。上、下两辊由同一电动机带动旋转，下辊能作上下调节，调节的最大距离约等于能卷弯钢板的最大厚度。侧辊 3 是被动的，能沿倾斜方向调节。弯曲时将板料 4 送入上、下辊之间，调节下辊压紧板料，产生一定的摩擦力，再调节侧辊加压，当上、下辊旋转时，板料即发生弯曲
四辊卷板机	 1—上辊 2—下辊 3—侧辊 4—板料	四辊卷板机与不对称式三辊卷板机基本相似，只是在另一侧增加了一个侧辊 3，板料弯曲分别由两侧侧辊 3 担任，因而两端的剩余直边很小，不需要预弯和调头滚弯，可直接完成整个滚弯过程

由卷弯工作原理可知,对称式三辊卷板机滚弯时板料只有与辊轴形成三点接触时才能得到弯曲,因而板料卷弯到两端时,各有一段长度得不到弯曲,这段长度称为剩余直边。剩余直边的长度约为两下辊距离的一半。

对称式三辊卷板机结构简单、紧凑、易于维修,投资小,成形准确,因而应用广泛。但该卷板机卷弯时,其两端均有剩余直边部分,需要预先弯曲或采用其他方法弯曲。

不对称式三辊卷板机滚弯时,板料一端的剩余直边较小,其值小于板厚的两倍;但另一端在侧辊与下辊之间的板料得不到弯曲,只要将板料从卷板机上取出后调头弯曲,就能完成整个弯曲。

不对称式三辊卷板机结构较简单,剩余直边较少,但辊轴受力较大,相对卷弯能力较小。虽然不需要预弯就能完成整个卷弯,但需要调头弯曲,操作不方便,所以一般用于不太厚材料的弯曲。

四辊卷板机辊轴多,结构复杂,体积大,但工艺通用性广,可以矫正扭曲、错边等。还可以即位装配定位焊,滚弯时对中方便,而且上、下辊夹持力较大,易将氧化皮压入工件表面造成压伤。另外,两侧辊相距较远,对称滚圆的曲率不太精确,因而操作要求较高。四辊卷板机一般用于重型工件的滚弯。

(2) 常用卷板机 图 5-18 所示为常用的对称式三辊卷板机,采用机械调节,能滚弯最大板厚为 20mm,最大板宽为 3000mm,属于中小型卷板机。该机主要由上辊、下辊、机架和传动机构等组成。

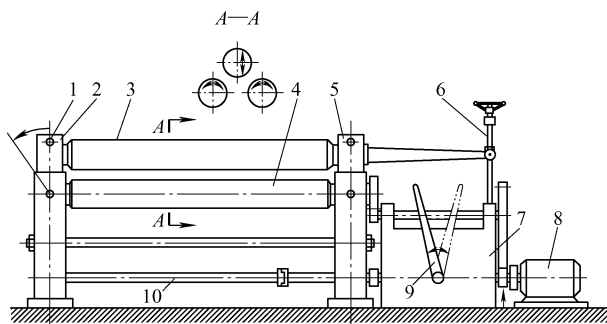


图 5-18 对称式三辊卷板机

- 1—插销 2—活动轴承 3—上辊 4—下辊 5—固定轴承
6—卸料装置 7—减速箱 8—电动机 9—操作手柄
10—上辊压紧传动杆

卷板机的上、下辊均用 50Mn 钢锻制而成,具有较高的强度和硬度。上辊 3 一端安装于固定轴承 5 中,伸出的圆锥杆与压紧丝杠组成卸料装置 6,卸料时该

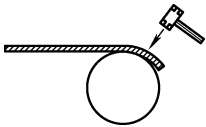
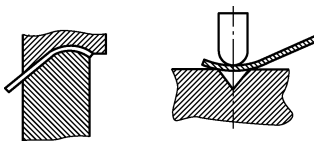
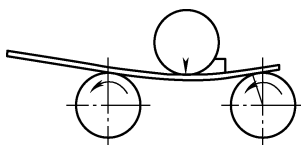
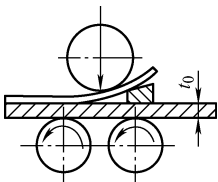
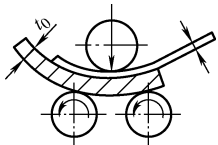
装置施加反力矩，使上辊 3 不能下落压住工件。上辊的另一端用可翻倒的活动轴承 2 支承，当工件滚弯成形后，拔出插销 1，翻倒活动轴承 2，即可取出工件。上辊 3 是被动的，能作上下调节；下辊 4 是主动的，由电动机 8 通过减速箱 7 中的齿轮带动，通过控制系统能控制两下辊作相同的正向或反向旋转。

2. 卷板工艺

钢板卷弯由预弯（压头）、对中和卷弯三个步骤组成。

（1）预弯 由对称式卷板机工作原理可知，板料滚弯时，两端总有剩余直边，不同类型的卷板机，剩余直边的长度是不同的，理论上对称式三辊卷板机剩余直边长度为两下辊中心距的一半，实际的剩余直边长度要比理论值大，由于剩余直边部分在卷弯时得不到弯曲，所以要进行预弯，预弯的长度要大于理论剩余直边的长度。常用预弯方法见表 5-11。

表 5-11 常用预弯方法

预弯方式	预弯图	适用范围
手工预弯		将钢板置于钢轨或圆钢上，用捶击方法弯曲剩余直边部分，此种方法适用于厚度较小板料的预弯
压力机预弯		在压力机上用模具一次压弯，或利用通用压弯模多次压弯成形，压制时应注意下压量不能太大，让板料处于自由状态，防止弯曲过度出现压痕，影响成形质量
用楔形块预弯		此方法是直接将板料边缘置于下辊筒近中心处，放入楔形垫块，压下上辊即可进行预弯，如图所示。其弯曲半径是通过移动楔形垫块的位置和调节上辊的下压量来实现的，因而操作比较繁琐
用垫板、垫块预弯		在三辊卷板机上用垫板、垫块预弯，如图所示。这种方法适用于 $\delta \leq \delta_0/2$ ， $\delta \leq 24\text{ mm}$ ，并且不超过设备能力的 60%
用模板预弯		在三辊卷板机上用模板预弯，如图所示。这种方法适用于 $\delta \leq \delta_0/2$ ， $\delta \leq 24\text{ mm}$ ，并不超过设备能力的 60%

(2) 对中 对中的方法一般采用目测法,即用眼睛来观察上辊或下辊的外形线是否平行于板料的边缘来对中,也可利用卷板机上的挡板或下辊筒上的对中槽来对中。此外,还可以采用倾斜进料,用另一下辊定位来对中,如图 5-19 所示。

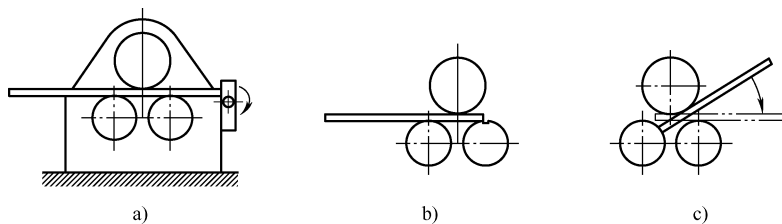


图 5-19 对中

a) 挡板对中 b) 对中槽对中 c) 斜进料对中

(3) 卷弯 板料对中对后,调节上辊下压即可进行卷弯,通常采用多次进给法,逐步加压卷弯,直至成形,如图 5-20 所示。



图 5-20 卷弯

1) 圆柱面卷弯。先调节上辊位置,使板料发生初步的弯曲,然后来回滚动,当板料移动至边缘时,使板料的曲率半径逐步减小,直至达到规定的要求。一般每次上辊的下压量为 $5 \sim 10\text{mm}$,不同材料的厚度、板宽,不同的弯曲半径,上辊的每次下压量略有差异。若板料较薄,板宽不大,材料变形抗力较小,每次下压量应小些;反之可大些。上辊的下压量不能太大,否则坯料的变形程度很大,坯料与下辊摩擦力太小,将无法带动板料来回滚动,实现卷弯。在卷弯中应经常用样板检验卷弯的曲率半径,由于钢板的回弹,卷弯必须适当弯曲过量,这样卸载后,其弯曲半径正好符合规定的弯曲半径。但过弯量不能太大,否则弯曲半径太小会产生过弯缺陷。

2) 圆锥面卷弯。卷弯圆锥面时,只要调节上辊,使它与下辊中心线呈倾斜位置,其斜度等于圆锥面的斜度,其卷弯过程与圆柱面相似,先预弯后卷弯。因采用分区卷弯法,如图 5-21 所示。

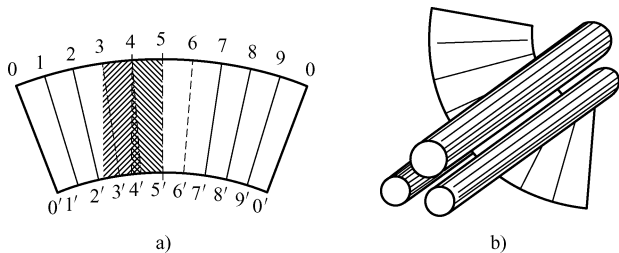


图 5-21 分区卷弯法

a) 划分卷弯区域 b) 分区域卷弯

圆锥面的毛坯展开后为扇形，由于锥形小直径一端的展开长度比大直径短，因而要求小直径一端的卷弯的速度慢，大直径一端的卷弯速度快，但卷板机的辊轴是以同一速度旋转的，由于其直径相同，所以两端滚过周长基本相同。为了能弯成锥形面，将扇形坯料分成若干相同的卷弯区域，使各部分大小端的弧线长度差减小。卷弯时先预弯两边，并从两边的区域开始卷弯，然后逐步卷弯到中部，每次卷弯一小区域后，必须转动钢板，使卷弯部分的中心线对准上辊的轴线。卷弯中应经常用样板检查，由于两端的曲率半径不同，所以样板应准备两块，分别检查两端的曲率。

3) 加热卷弯。当板料的厚度越厚，卷弯的半径越小，则材料卷弯时的变形越大，相应加工的工件硬化也越严重，其变形抗力会很大，因而冷卷弯时，在材料内部产生很大的应力，这会严重影响制造质量。当应力达到一定数量时，弯曲工件就会产生裂纹造成产品报废。因此一般碳素钢，当板料厚度 δ 大于或等于内径 D 的 $1/40$ 时 ($\delta \geq D/40$)，应进行加热卷弯，以增加材料的塑性。此外，当弯曲件的弯曲力大于设备的承载能力时，也应采用加热卷弯的方法，以降低材料的变形抗力。

不同材料的加热温度是不同的，常用材料的热作温度范围见表 5-12。加热温度为开始卷弯温度，终止温度为卷弯停止温度，如果低于终止温度卷弯，材料易出现加工硬化，造成变形抗力上升，影响弯件的质量，失去了热卷弯的作用。

表 5-12 常用材料的热作温度范围

材料牌号	热作温度/℃	
	加 热 温 度	终 止 温 度
Q235, 15, 15g, 20, 20g, 22g	900 ~ 1050	> 700
16Mn, 16MnR, 15MnV, 15MnVR	950 ~ 1050	> 750
15MnTi, 14MnMoV	950 ~ 1050	> 750
18MnMoNb, 15MnVN	950 ~ 1050	> 750
15MnVNRe	950 ~ 1050	> 750

(续)

材料牌号	热作温度/℃	
	加热温度	终止温度
Cr5Mo, 12CrMo, 15CrMo	900 ~ 1050	> 750
14MnMoVBR	1050 ~ 1100	> 850
12MnCrNiMoVCu	1050 ~ 1100	> 850
14MnMoNbB	1000 ~ 1100	> 750
0Cr13, 1Cr13	1000 ~ 1100	> 850
1Cr18Ni9Ti, 12Cr1MoV	950 ~ 1100	> 850
黄铜 H62, H68	600 ~ 700	> 400
铝及其合金 L2、LF2、LF21	350 ~ 450	> 250
钛	420 ~ 560	> 350
钛合金	600 ~ 840	> 500

加热卷弯时，由于材料的塑性很好，不必考虑回弹，但在卷弯过程中，必须及时清除氧化皮，否则剥落的氧化皮在钢板与辊轴之间滚轧，压入钢板的表面，致使弯件内壁形成凹坑和斑点，影响工件的质量。

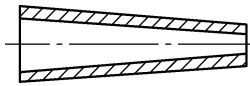
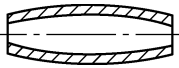
热成形后，不能立即将温度很高的工件从卷板机上卸下，否则会造成工件的变形，应让工件在终弯的曲率下不断滚动，直至温度低于 500℃ 为止。

钢板加热时表面会产生氧化皮而损失部分材料，同时在滚弯时，钢板在辊轴的压力下也会使厚度减小，总的减薄量为 5% ~ 6%，而长度方向尺寸略有增加。因此在下料时，应根据加热次数适当增加钢板厚度尺寸，减小长度尺寸。

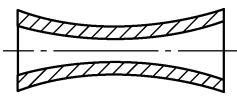
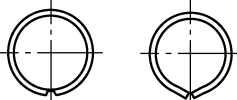
(4) 滚弯件质量分析 滚弯件主要缺陷有外形（形状）缺陷、表面压伤和弯裂等。

1) 外形缺陷。外形缺陷有锥形、腰鼓形、束腰、扭歪和棱角等。缺陷产生的原因和防止方法见表 5-13。

表 5-13 滚弯件的外形缺陷

缺陷类型	简 图	产生原因	防止方法
锥形		上辊与侧辊互不平行	1) 侧辊轴线要保持水平，并与上辊轴线平行 2) 侧辊两端加压并均匀
腰鼓形		1) 下辊刚性或顶力不足 2) 上辊反压力太大	1) 正确选择下顶力和调节上下辊之间的距离 2) 正确选择上辊反压力

(续)

缺陷类型	简 图	产 生 原 因	防 止 方 法
束腰		1) 上辊下压力太大或反压力不足 2) 下辊顶力太大	1) 正确选择上辊下压力或反压力 2) 正确选择下辊顶力
扭歪		1) 坯料不呈矩形 2) 进料时对中不良 3) 沿轴辊受力不均, 造成局部轧薄	1) 卷板前检查坯料几何形状的正确性 2) 严格对中操作
棱角		1) 预弯过度 (左图) 2) 预弯不足 (右图)	严格预弯操作, 随时用样板检查

2) 表面压伤。由于氧化皮及其他杂物附在辊轴上或落在铜板上, 滚弯时会造成表面压伤。尤其是热滚弯时, 氧化皮的危害尤为严重, 为减少氧化皮的危害, 常采取以下措施: 清除铜板表面氧化皮和杂物; 缩短高温加热时间; 表面涂高温涂料等。

当滚弯件表面质量要求较高时, 如不锈钢、铝和复合铜板等, 滚弯前应清理打磨辊轴的表面, 清除板料表面的棱角和飞边, 并在板料表面垫纸或涂覆特殊涂料等, 使滚弯件表面不受损伤。

3) 弯裂。冷滚弯时, 由于冷作硬化可能形成较大内应力, 使钢板的塑性下降, 严重时弯裂, 防止的方法有:

① 限制变形程度。钢板厚度越大, 滚弯件直径越小, 则钢板的变形程度越大, 冷作硬化也越严重。为此, 必须限制滚弯件的变形程度。对于要经过多次冷滚弯的工件, 需进行消除冷作硬化热处理。

② 消除板料表面可能导致应力集中的因素。号料时应注意板料的轧制方向, 尽量使板料轧制方向与滚弯方向一致。厚壁工件的环缝端面最好有适当的圆角, 拼接焊缝要铲平磨光。对有色金属板料, 打磨方向应与滚弯方向一致。

③ 淬硬性比较敏感的钢板, 滚弯前应进行退火处理。

④ 滚弯时钢材温度应高于脆性转变温度, 否则应进行预热。

三、弯管机弯管

弯管机弯管是指在弯管机上进行的有芯弯管和无芯弯管。

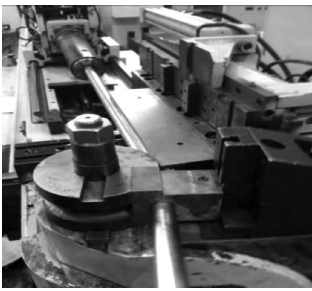
使用弯管机弯管时, 应根据管子的直径、弯曲部分的位置和曲率半径来选择转盘、芯轴和导向滚轮。因为管子冷弯后有回弹现象, 故弯管时转盘应多转 $3^{\circ} \sim$

5°。大批量弯管之前，应先进行试验调整，用移动芯轴位置的方法来改善弯管质量。如管子弯曲后椭圆度较大，则可将芯轴向前伸出一段距离；如管子弯曲后壁厚减薄过多，甚至破裂，则需将芯轴向后移动一定距离。

1. 有芯弯管和无芯弯管区别

有芯弯管和无芯弯管区别见表 5-14。

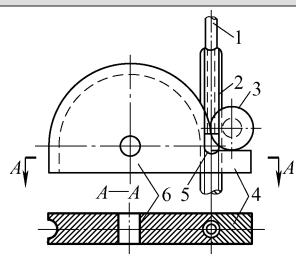
表 5-14 有芯弯管和无芯弯管区别

弯管形式	图 片	区 别
有芯弯管		有芯弯管就是为了减少和防止管材弯曲时截面变形，在管内穿上芯轴进行的弯曲
无芯弯管		无芯弯管就是不利用心轴，在弯管机上采用反变形法来控制管子断面的变形。管子在进入弯曲变形前，预先给一定量的反向变形，使管子外侧向外凸出，用以抵消或减少管子在弯曲时断面的变形，从而保证管子的弯曲质量

2. 弯管机工作原理

弯管机工作原理见表 5-15。

表 5-15 弯管机工作原理

弯管形式	工作原理图
有芯弯管	 1—心轴杆 2—管子 3—压紧导轮 4—夹块 5—心轴 6—弯管模

(续)

弯管形式	工作原理图
无芯弯管	反变形滚轮弯管 反变形滑槽弯管 1—弯管模 2—夹块 3—反变形滚轮 4—导向轮 5—管子 6—反变形滑轮 7—滑轮或滑槽

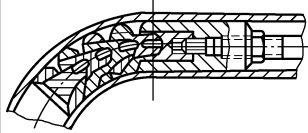
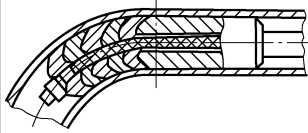
3. 有芯弯管的芯轴形式及使用特点

有芯弯管的芯轴形式及使用特点见表 5-16。

表 5-16 有芯弯管的芯轴形式及使用特点

形 式	简 图	特 点
圆头式		制造方便, 但防扁效果较差
尖头式		心轴可向前伸进, 以减小与管壁的间隙。防扁效果较好, 且有一定的防皱作用
勺式		与外壁支承面更大, 防扁效果好, 具有一定的防皱作用
单向关节式		可深入管子内部, 与管子一起弯曲, 防扁效果更好。弯后借液压缸抽出芯轴, 可对管子进行矫圆, 只可在一个方向上弯曲

(续)

形 式	简 图	特 点
万向关节式		可深入管子内部，与管子一起弯曲，防扁效果更好。弯后借液压缸抽出芯轴，可对管子进行矫圆，无方向性
软轴式		可深入管子内部，与管子一起弯曲，防扁效果更好。弯后借液压缸抽出芯轴，可对管子进行矫圆，无方向性

圆头式、尖头式、勺式使用范围：钢管， $\delta_x \geq 0.05R_x = 2$ ， $\delta_x \geq 0.035R_x = 3$ ；铜管， $\delta_x \geq 0.035R_x = 1.5$ ， $\delta_x \geq 0.02R_x = 3$ 。

其中， δ_x 为相对厚度， R_x 为相对弯曲半径。

单向关节式、万向关节式、软轴式使用范围：与防皱板、顶镦机构配合，可用于 $R_x \geq 1.2$ 。

4. 弯管机的操作方法

(1) 选择模具 根据被弯钢管的直径，选择一套相应的弯管模、压紧模和导向模并安装在弯管机上。

(2) 调整模具 将弯管模调至起始位置，并且使管卡处于水平位置，靠近压紧模具的地方。

(3) 确定位置 在被弯钢管上划弯曲线，确定弯曲起点。

(4) 准备弯曲 将被弯钢管通过弯管模和压紧模之间，穿过管卡。有芯弯管时，还需放入相应的芯棒。

(5) 开启机器 起动弯管机，弯管模转动，通过观察弯管模对应弯管机工作台台面上的角度、刻度来掌握弯管的角度。

(6) 弯管结束 管子弯至所需角度后，拔出销钉，卸下管卡，将弯好的管子取下，检查弯曲角度。

第六章

冷作钣金装配

任何机械或金属结构都是由许多部件组成的。装配就是将焊前加工好的零部件，采用适当的工艺方法，按生产图样和技术要求连接成部件或整个产品的工艺过程。而一个部件则是由两个或更多的零件所组成。如图 6-1 所示，将各个零件按照一定的位置、尺寸关系和精度要求组成部件的过程叫做部件装配。如图 6-2 所示，将各个部件和零件按照一定的技术条件，组成整体结构的过程叫做整体装配，简称总装。

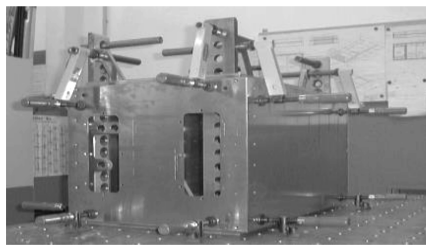


图 6-1 部件装配



图 6-2 整体装配

装配的工作量约占整体产品制造工作量的 30% ~40%，且装配的质量和顺序将直接影响焊接工艺、产品质量和劳动生产率。所以，提高装配工作的效率和质量，对缩短产品制造周期、降低生产成本、保证产品质量等，都具有重要意义。

第一节 装配的三要素和定位原理

一、装配三要素

在进行工件装配时，不论采取何种方法，都必须具备支撑、定位和夹紧三个基本条件，这三个基本条件称为装配的三要素。

如图 6-3 所示，工字梁的装配。两翼板 4 的相对位置是由腹板 3 和挡铁 5 来定位的，端部由挡铁 7 定位。腹板 3 通过垫铁 2 和挡铁 7 定位，平台 6 既是定位基准面，也是结构的支撑面。翼板 4 与腹板 3 定位后通过调节螺杆 1 来夹紧。通过直角尺 8 来测量翼板与平台的垂直度。

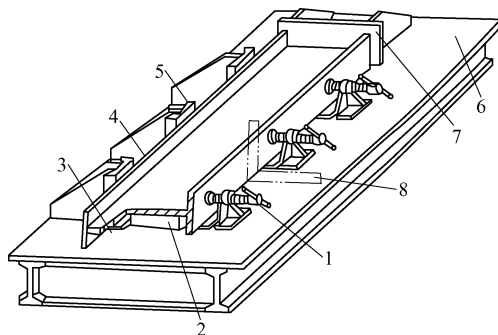


图 6-3 工字梁装配

1—调节螺杆 2—垫铁 3—腹板 4—翼板 5、7—挡铁 6—平台 8—直角尺

支撑、定位和夹紧三个基本条件是相辅相成的，缺一不可。譬如没有夹紧，定位就不能实现；没有定位，夹紧也就成了无的放矢；没有支撑，更不存在定位和夹紧。图 6-4 所示组装胎模实现了三要素条件，提高了生产效率和装配质量。

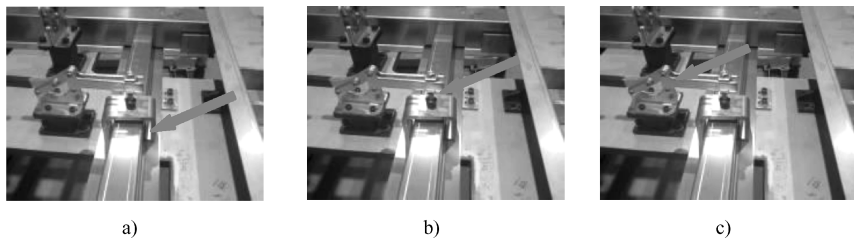


图 6-4 组装胎模

a) 支撑 b) 定位 c) 夹紧

1. 支撑

支撑是解决放在何处装配的问题。用何种基准面作为支撑，要根据工件的形状大小和技术要求，以及作业条件等因素确定。生产中为确定结构件在空间的位置，会通过工作平台和专门制造的工装（胎具）来实现对结构件或零部件的支撑。支撑的作用见表 6-1。

表 6-1 支撑的作用

 利用撑杆确定构件的倾斜角度	 利用支撑保证构件的挠度	 专用胎具确保每一个部件都在同一个平面上
--	--	---

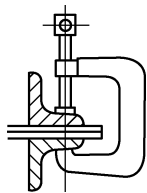
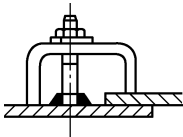
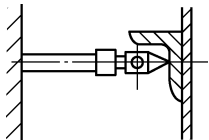
2. 夹紧

夹紧就是将定位后的零件借助外力使其固定，保证在加工过程中位置不发生变化。这种外力即为夹紧力。

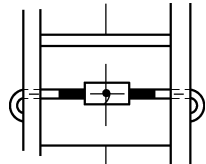
夹紧力通常由刚性夹具来实现，也可以利用气压力或液压力进行。在装配中，凡属用来对工件施加外力，使其获得正确定位的工艺装备器具，统称为装配夹具。它包括简单轻便的通用夹具和装配胎架的专用夹具。

装配夹具对工件的紧固方式的四种：夹紧、压紧、顶（撑）紧和拉紧，见表 6-2。

表 6-2 紧固方式分类

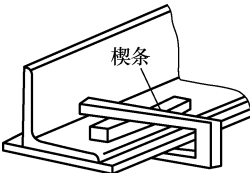
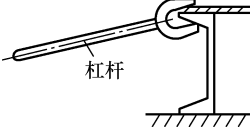
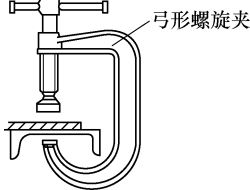
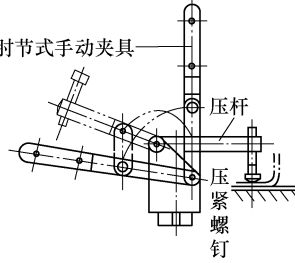
类 型	简 图	应 用
夹紧		
压紧		
顶（撑）紧		

(续)

类 型	简 图	应 用
拉紧		

装配夹具按其动作来分，可分为手动、气动、液压和磁力等，见表 6-3。

表 6-3 装配夹具的类型和特点

类 型	简 图	特 点
手 动	楔条 	楔条夹具是利用楔条的斜面将外力转变为夹紧力，以便达到夹紧工件目的的一种夹具，分直接接触和间接接触两种。为了保证楔条夹具在使用中能自锁，楔条或楔板的楔角 α 应小于摩擦角，一般采用 $10^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 。如斜度过大，夹具将不能自锁而易于松动
	杠杆 	凡是利用杠杆的增力使工件被夹紧的夹具叫做杠杆夹具。这种夹具制作简单，使用方便，通用性强，在装配中应用很广
	螺旋 	螺旋夹具是通过丝杠与螺母间的相对运动传递外力以紧固零件的，它具有夹、压、拉、顶、撑等多种功能。现场常用的螺旋夹具有弓形螺旋夹、螺旋顶、螺旋拉紧器和螺旋压紧器。具有紧固可靠，但紧固动作缓慢的特点
	肘节 	其利用了机械力学中的死点夹紧原理。根据平面四杆机构的原理设计，由连杆、机架及两连架杆与机架的铰接点，三点同一条直线时，机构处于死穴位置，这时，被夹紧的工件无论多大的力也不会松开，为了避免在使用中因外力负载变化和机械振动的影响，设计时，将中间铰接点略偏于其他两铰接连接线的内侧，以确保在最大夹紧力的情况下，始终保持夹具机构锁定在稳定状态下而不松脱。其特点是夹紧快、夹紧厚度调节范围大

(续)

类 型	简 图	特 点
手 偏 动 心		偏心夹具是利用一种转动中心与几何中心不重合的偏心零件来夹紧的。这种夹紧装置的动作比螺旋夹具快,但由于偏心轮的偏心距受到限制,其夹紧力较小,只能用于无振动或振动小的场合。分为圆偏心轮和曲线偏心轮两种形式
气 动		气动夹具是利用压缩空气通过机械运动施加夹紧力的夹紧装置。它的结构主要由气缸和夹具两部分组成。气缸常用的有单向气动和双向气动两种。气动夹具气缸的安装方式分为固定的和非固定的,可根据需要使用安装成卧式、立式或倾斜式
非手动夹具 液 压		液压夹具和气动夹具的工作原理相似。夹具的结构也基本相同。不同的是液压夹具缸内的介质是油或水。液压夹具优点是比气动夹具的压紧力大,夹紧可靠,工作平稳;缺点是液体容易泄漏,辅助装置多,维修不便
磁 力		磁力夹具主要靠磁力吸紧工件,分为永磁式和电磁式两种。电磁式磁力夹具(即电磁铁)应用最多。电磁式磁力夹具结构由导线、开关、机壳和铁心组成。优点是操作方便,而且不损伤工件表面

下面介绍几种常用的夹具并说明其工作原理。

(1) 手动夹具 这里介绍是其中的快速类,它们一般是标准件,其结构原理是杠杆式偏心移位原理。不同的型号规格,力度的大小和行程也不一样,操作灵活、方便、快捷,主要用于组焊类。图 6-5 所示为机车顶盖骨架组焊胎。左边卡子是旋压式快速卡,右边是水平推快速卡,其压紧力通过螺栓可调节到最佳状态。此处也可采用简易的丝杠卡

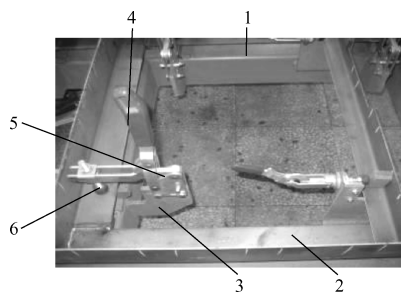


图 6-5 手动快速夹装配

- 1—工装主体 2—组焊工件(顶盖骨架)
3—卡子支座 4—手推臂
5—卡子体 6—可调压头

子,但效果比不上这类快速卡。

(2) 气动夹具 气动夹具工作方式是通过风缸的作用力对工件压紧,主要用于组焊及调整变形。

此类夹具是由集中供风(也可单独配空气压缩机供风)系统配风缸,可直接作用于工件,也可与杠杆机构来完成,工作速度快、操作灵活方便,压力不大且没有噪声,适合机械自动化生产,造价比油压系统结构低。使用风缸的工装,受压点一般都是直接作用于工件上,也可以做成通过杠杆方式来获得比较大的力,并可加大缸体的面积(大型号)来获得更大的力,如图6-6所示。



图 6-6 气动组装夹具

(3) 液压夹具 通过液压缸的作用力对工件压紧,主要用于组焊工装。此类夹具是由一套液压系统(一般都是由一个加压液压泵与若干个液压缸组成)加上杠杆机构来完成,它有较大可靠的夹紧力,速度快、操作灵活方便、没有噪声、工作平稳,适合机械自动化生产。它可以根据支点与力臂的关系、受力的大小对工件进行压紧,如图6-7所示。

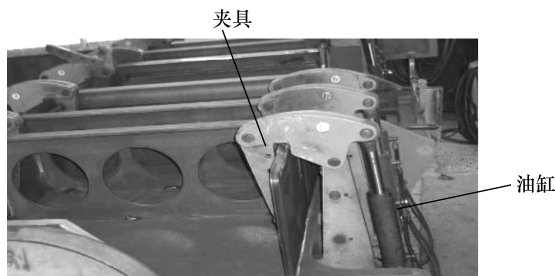


图 6-7 液压组装夹具

二、定位原理和方法

1. 定位原理

定位的目的就是控制工件的自由度,也就是控制工件能够自由运动的可能性。如图6-8所示,任何空间的刚体对于三个互相垂直的平面来说,都有六个自由度,即沿三个互相垂直的轴作轴向移动和绕这三个轴的转动。

根据这一客观规律,要使工件在夹具上有固定不变的位置,就必须限制这六个自由度。每限制一个自由度,工件就与夹具上的一个点接触,所以限制六个自由度,在夹具上就应有六个点。以六点限制工件六个自由度的方法,一般称为六点

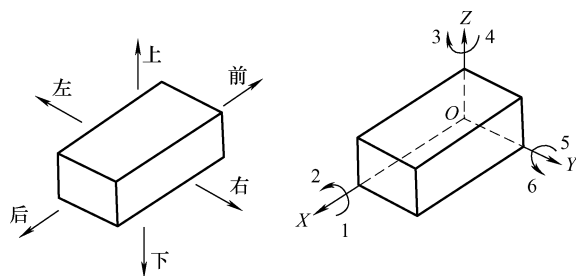


图 6-8 刚体在空间的六个自由度

点定位规则。根据六点定位规则，可以对不同的工件进行定位分析。对矩形、圆柱形和盘形工件根据六点定位规则进行定位分析见表 6-4。

表 6-4 基本形体六点定位分析

工件类型	支撑示意图	平面	点数	对 X 轴	对 Y 轴	对 Z 轴
矩 形		XOZ	3	不能转动	不能移动	不能转动
		ZOY	2	不能移动	不能转动	
		YOX	1			不能移动
圆 柱 形		XOZ	2	不能转动	不能移动	不能转动 (键槽限制)
		ZOY	2	不能移动	不能转动	
		YOX	1			不能移动
盘 形		XOZ	1		不能移动	不能转动 (键槽限制)
		ZOY	1	不能转动		
		YOX	3	不能移动	不能转动	不能移动

需要说明的是，六点定位规则是对单个零件来说的，冷作钣金产品一般是由许多零件装配而成的，所以定位元件的定位点就不能受六点限制。当若干个零件组合在一起的时候，各零件的某一面之间可以互为定位基准面。这是装配各结构产品时零件定位的必然规律。六点定位规则在装配钣金、钢结构产品时的应用，要根据实际情况灵活掌握。

2. 定位基准选择

通过对定位原理的分析不难看出，不论何种工件，它们总是被限制在三个坐标平面的范围内，只要用三个相互垂直的平面来替代，并相应设置支承点，同时由各自的对应方向施加夹紧力（ W_1 、 W_2 、 W_3 ），工件的六个自由度就全部被约束而定位，如图 6-9 所示。这三个相互垂直的平面就是定位基准。

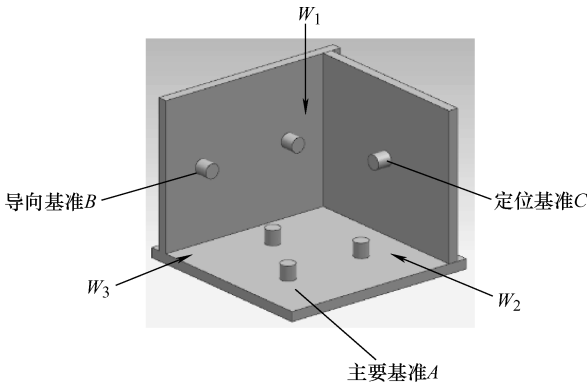


图 6-9 定位基准原理

定位基准按平面方位区分为主要基准、导向基准和定程基准（也称止推基准），见表 6-5。

表 6-5 工件定位基准

基准名称	方位	代号	支承点数	夹紧力	选定原则
主要基准	底面	A	3	W_1	工件上最宽大的表面
导向基准	侧面	B	2	W_2	工件上最长的表面
定程基准(止推基准)	端面	C	1	W_3	工件上最短小的表面

定位基准对保证装配质量、合理安排零部件装配顺序和提高生产效率，有着重要的影响，一般按以下原则选择。

- 1) 尽可能选用设计基准作为定位基准。
- 2) 同一构件上与其他构件有连接或配合关系的各个零件，应尽量采用同一定位基准。
- 3) 应选择精度较高、不易变形的零件表面或棱边作定位基准。
- 4) 选择的定位基准应便于装配中的零件定位与测量。

如图 6-10 所示的容器，容器是以轴线和组装机面 M 为定位基准。装配接口 I 、

Ⅱ、Ⅲ在筒体上的相对高度是以 M 面为定位基准而确定的；各接口的横向定位则以筒体为定位基准。

如图 6-11 所示的圆锥台漏斗，圆锥台漏斗上各件间的相对位置是以轴线和 M 面为定位基准确定的。

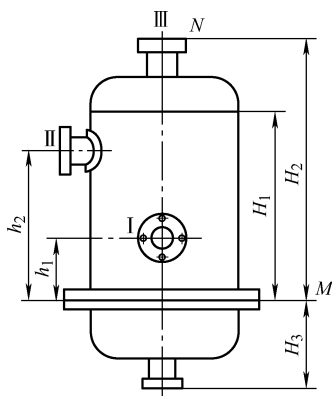


图 6-10 容器上各接口的相对位置

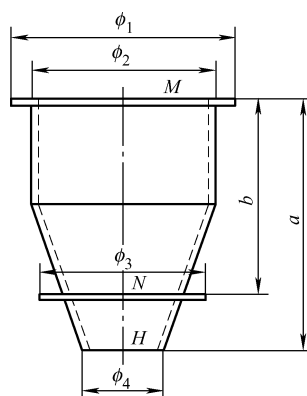


图 6-11 圆锥台漏斗

如图 6-12 所示的四通接头，装配时支管Ⅱ、Ⅲ在主管Ⅰ上的相对高度是以 H 面为定位基准而确定的，而支管的横向定位则以主管轴线为定位基准。

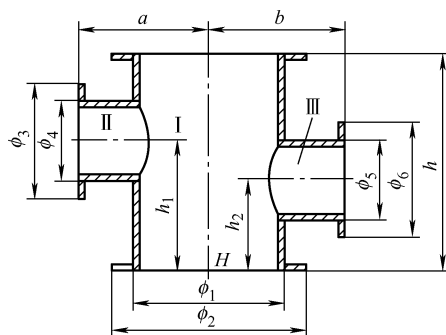


图 6-12 四通接头

3. 定位中的测量

测量是检验定位质量的一个工序，装配中的测量包括：正确、合理地选择测量基准；准确地完成零件定位所需要的测量项目。在焊接结构生产中常见的测量项目有线性尺寸、平行度、垂直度、同轴度及角度等。

测量中，为衡量被测点、线、面的尺寸和位置精度而选作依据的点、线、面

称为测量基准。一般情况下，多以定位基准作为测量基准。当定位基准作为测量基准不利于保证测量的精度或不便于测量操作时，就应本着能使测量准确、操作方便的原则，重新选择合适的点、线、面作为测量基准。

(1) 线性尺寸测量 线性尺寸是指焊件上被测点、线、面与测量基准间的距离。线性尺寸的测量一般可以利用各种刻度尺（卷尺、盘尺、直尺）直接来完成。但有些构件上的某些线性尺寸，因受构件形状等因素的影响而不能直接用尺测量，需要借助一些其他量具来达到测量的目的，这就是间接测量法。图 6-13 所示的容器在进行圆锥台和筒身装配时，由于端口封闭且直径比筒身小，无法用尺直接测量装配高度，借助了平尺延伸端面，再用卷尺间接测量。

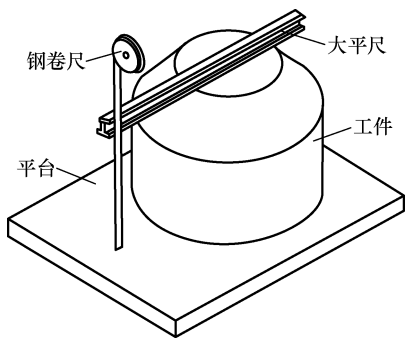


图 6-13 间接测量法测量高度

(2) 平行度的测量 构件上的零部件在装配时，有时需要与基准面保证平行。在测量时，通常需要在被测的线或面上选择较多的测量点，如图 6-14 所示的平板上两根角钢装配时测量了两个点，如图 6-15 所示的圆筒上的加强带圈装配时，应根据直径大小环圆筒一周进行多个点的测量。当各测量点所测得的线性尺寸一致时，则被测的线（或面）与测量基准线（或面）相互平行，否则就不平行。

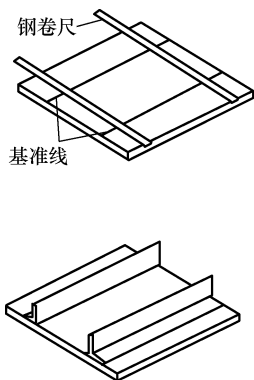


图 6-14 角钢平行度测量

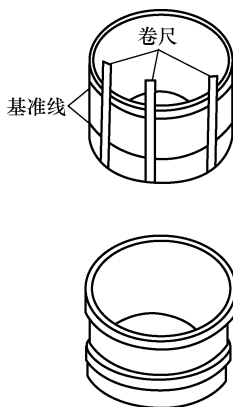


图 6-15 圆筒加强带圈平行度测量

(3) 水平度的测量 水平度的测量常用的方法有三种：水平尺测量、软管水平仪测量和水准仪测量，见表 6-6。

表 6-6 水平度测量方法

测量方法	测量工具	使用说明
软管水平仪		测量时，将标有刻度的标杆其中的一根置于被测平面的一角，另一根标杆连同软管放在被测平面上的不同点，观察两标杆内的水平面高度是否相同，如相同则说明被测平面为水平
水平尺		测量时，将水平尺放在构件的被测平面上，查看水平尺上玻璃管内气泡的位置：如在中间，即达到水平；如果气泡偏在一侧，则说明没有达到水平，气泡所在的一侧高，这时应调整零件的位置，直至气泡处在管内中间位置为止
水准仪		将水准仪安置在测量点附近，调整完成后进行测试，如果水准仪测出的各被测基准点上水准尺的数据相同，则说明工件处于水平位置，否则就要调整工件消除误差

(4) 垂直度的测量 垂直度的测量主要有两种方法：用直角尺测量；利用勾股定理（边长 3 : 4 : 5）取合适的单位长度，用钢直尺通过测量三角形各边长，以确定两直角边的垂直长度。

如图 6-16a 所示，在桩柱上焊两块定位马板，并按施工图样确定 H 的高度。然后将桩柱插入底座。桩柱与底座表面的垂直度用直角尺进行测量，待垂直后，桩柱进行定位焊。

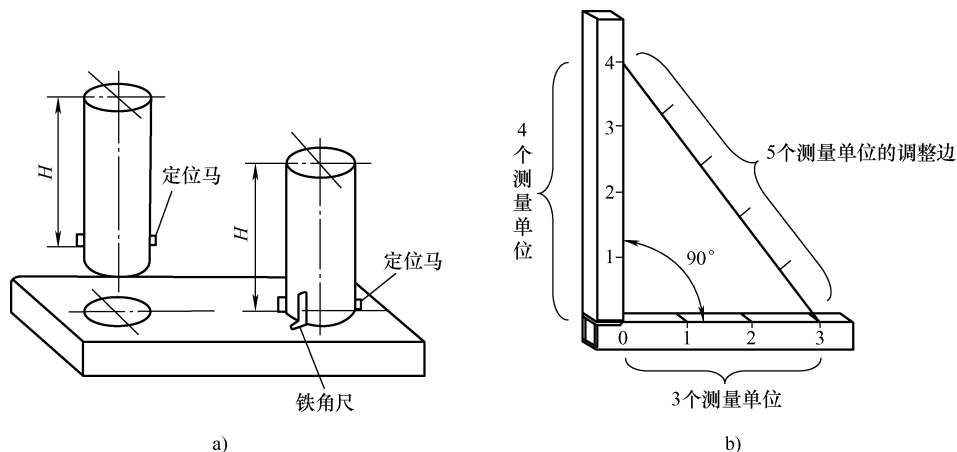


图 6-16 垂直度测量

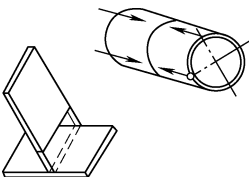
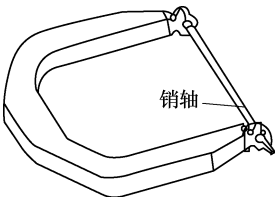
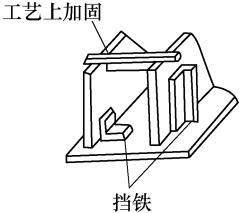
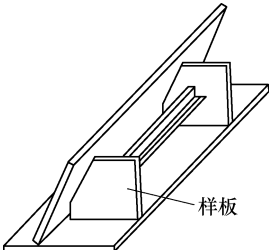
a) 直角尺测量 b) 勾股定理测量

在图 6-16b 中，先在两根需要互相垂直安装的型材表面按 3 个测量单位和 4 个测量单位划线，定位焊固定后进行调整，当调整至斜边等于 5 个测量单位时，说明两根型材已经互相垂直。

4. 定位方法

装配中，定位是确定工件之间的相对位置。常用的工件定位方法有划线定位、销轴定位、挡铁定位和样板定位等，见表 6-7。

表 6-7 工件的定位方法

类 型	简 图	说 明
划线定位		在平台上或零件上划线，按线装配零件。常用于简单的单件小批装配或总装时的部分较小的零件装配
销轴定位	 销轴	利用零件上的孔进行定位。如果允许，也可以钻出专门用于销轴定位的工艺孔
挡铁定位	 工艺上加固 挡铁	利用小块钢板或小块型钢作为挡铁，表面可机械加工提高精度。要保证构件重点部位的尺寸精度，同时便于零件的装拆
样板定位	 样板	样板定位是利用样板来确定零件的位置、角度等的定位方法，常用于钢板之间的角度测量定位和容器上各种管口的安装定位

三、装配基准的选择

装配时用来确定零部件或构件在产品中的相对位置所采用的基准面称为装配基准面。装配基准的选择直接关系到装配的全部工艺过程。正确地选择装配基准

能使夹具的结构简单，工件定位比较容易，夹紧牢靠，操作方便。

对各种结构都要作具体分析，选择的基准不同，其装配方法也不一样。以构件的底面为基准采用的是正装，以顶面为基准的可进行反装，以侧面为基准则需作倒装，见表 6-8。即使是同一构件，由于装配基准不同，装配方法变化也很大，见表 6-9。一般情况下装配基准面可按下列原则进行选择。

- 1) 当零部件的外形有平面也有曲面时，应选择平面作为装配基准面。
 - 2) 当零件上有若干个平面时，应选择较大的平面作为装配基准面。
 - 3) 据零件的用途，选择最重要的平面作为装配基准面，例如，零件中某些技术要求较高又要求预先经过机械粗加工的面作为装配基准面。
 - 4) 选择组装时便于对其他零件的定位和夹紧的面作为装配基准面。
- 装配中往往不止一个面可以作为装配基准面，要按实际情况选择确定。

表 6-8 不同构件装配基准面的选择

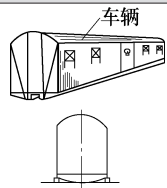
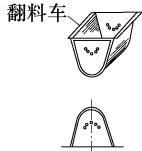
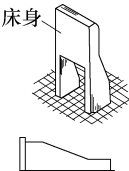
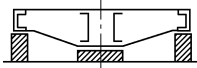
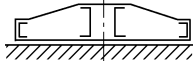
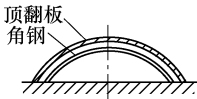
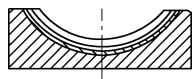
类 型	正 装	反 装	倒 装
图 示			
说 明	以构件的底面为装配基准面	将底面朝上，以构件的顶面为装配基准面	以构件的侧面为装配基准面

表 6-9 同一构件装配基准面的选择

类 型	正 面 朝 上	正 面 朝 下	说 明
A			应根据焊缝的布置、胎模设计的情况合理选择
B			

第二节 装配方法和选择

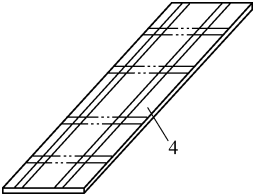
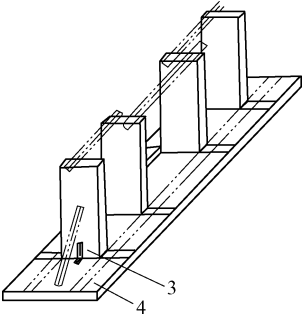
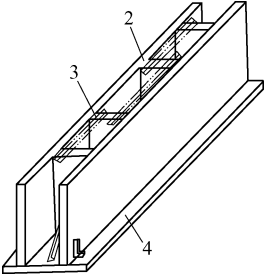
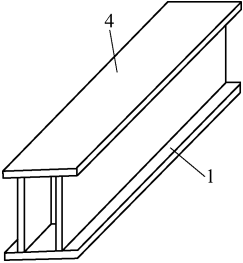
构件装配常用的方法有划线装配法，地样装配法，立装、卧装和胎模装配法等。这些方法可以单独使用，但多数是结合使用。

一、划线装配法

划线装配法就是利用在零件表面或装配平台表面划出焊件的中心线、接合线、轮廓线等作为定位线，来确定零件间的相互位置，以定位焊固定进行装配的方法。

箱形梁是由两块腹板、两块翼板和若干肋板所组成。装配前，先将翼板和腹板分别矫平，长度不够时应进行拼接。箱形梁划线装配见表 6-10。

表 6-10 箱形梁划线装配

顺 序	简 图	说 明
1		在翼板 4 上画出腹板和肋板的位置线，并打上样冲眼
2		将肋板 3 按位置线垂直装配于翼板 4 上，用直角尺校检垂直度。肋板间可临时用角钢加固，然后定位焊定位
3		装配两腹板 2，使其紧贴肋板 3，用直角尺校检垂直度，并定位焊定位，然后对肋板焊缝施焊，最后拆除临时角钢
4		将整体翻身吊放在翼板 1 上并定位焊，再全部施焊

二、地样装配法

装配前，将构件的装配样图按 1 : 1 的实际尺寸直接绘制在装配平台上，然后根据地样图来装配构件，这种方法称为地样装配法。这种方法主要用于桁架、框架或用板材制造的容器等结构的装配。图 6-17 所示为一简单的地样装配平台，其上划有各零件的外形轮廓线，在轮廓线内写有物料编码，在相应位置焊有定位块，具有装配方便、操作简单、制作成本低等特点，适用于简单结构件的装配。



图 6-17 地样装配平台

三、立装和卧装

立装是根据结构的特点，及其零件的稳定位置，选择自上而下或自下而上地装配的方法。此法用于放置平稳、高度不大的结构或者大直径的圆筒。

卧装是将构件放置在卧倒的位置进行装配的方法。卧装适用于断面不大，但长度较大的细长的构件。图 6-18 所示为卧装罐体。



图 6-18 卧装罐体

图 6-19 所示为单臂压力机机架，由于机架的高度比长度、宽度大，重心位置较高，所以采用先卧装后立装的方法，这样各零件的定位稳定性好。同时，采用整体装配后焊接，这样可增加构件的刚度以减少焊接变形。机架的装配流程见表 6-11。

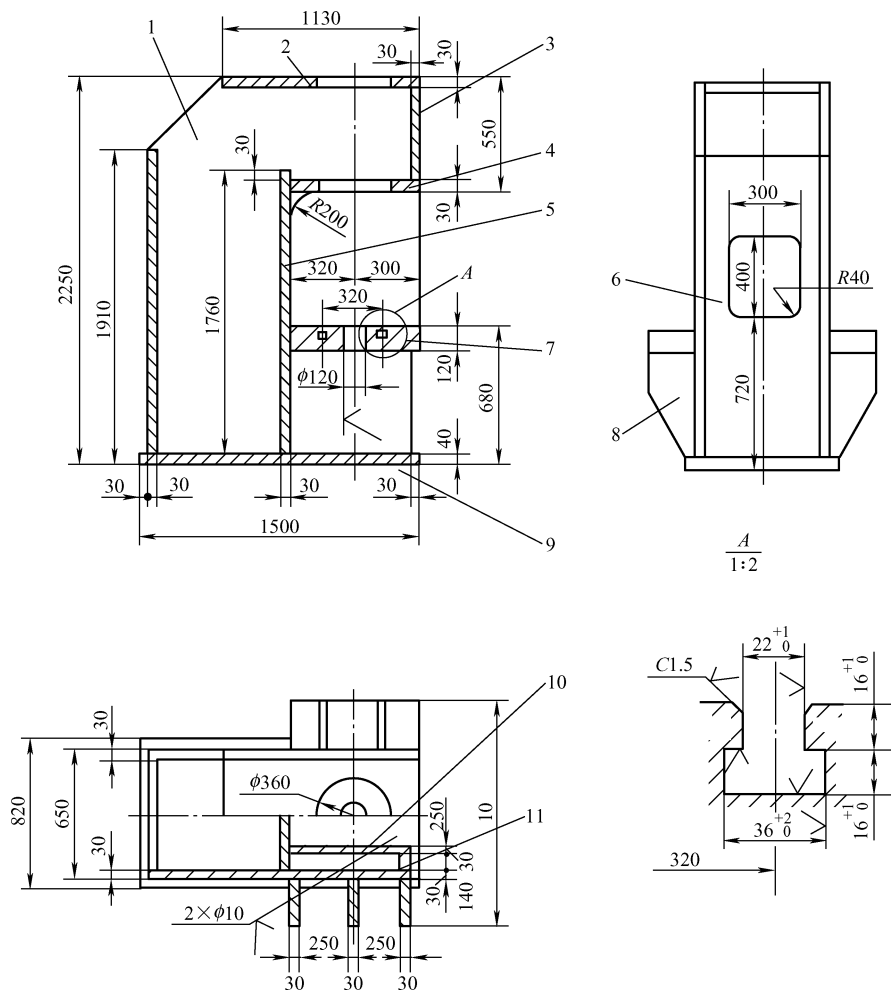
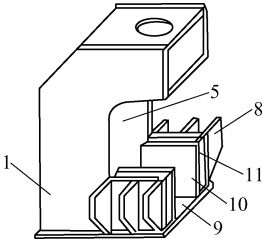
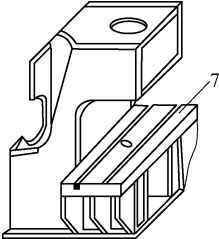


图 6-19 机架结构图

表 6-11 机架装配流程

装配方法	顺 序	简 图	说 明
卧装	1		将件1平放在平台上，划出件2、3、4、5、6的位置线，并按线装配。用直角尺检验各件的垂直度，定位焊固定。然后封盖另一块件1，并定位焊固定组成构件

(续)

装配方法	顺 序	简 图	说 明
立装	2		将件9平放，划出件1、5、6、8、10、11的位置线，按线装配各件，同时按顺序将构件吊起，并立放落位，然后分别定位焊固定
	3		整体施焊并矫正后装上传7，检验与底板的平行度，然后定位焊固定再施焊

四、胎模装配法

胎模是指符合工件几何形状或轮廓的模型（内模或外模）。用胎模装配焊接结构，产品质量好，生产效率高。批量生产的板材结构或型材结构的装配，条件适合的情况下，应考虑采用胎模装配法。图 6-20 所示的驾驶室，其结构复杂，流线型外观使蒙皮表面高，为保证骨架装配精度，专门制作了组装胎模，使骨架装配时数量众多的各种梁能得到可靠的定位和支撑。



图 6-20 驾驶室装配

第三节 典型构件的装配

简单的钢结构可以一次装配完成，然而对于复杂的钢结构，采用一次装配法往往存在许多困难，难以保证装配质量。因此，通常都将较大的钢结构按照一定

的方法划分成若干个部分，将各个部分分别装配焊接完成后，再进行总装配。这种“部件装配法”在复杂结构件的制造中显示出许多优越之处。因此，复杂结构件的装配往往采用部件装配法。

一、部件装配法对复杂结构件的必要性

任何一个复杂的、大型的钢结构产品都是由一系列零件和部件组成的。零件是组成钢结构的基本元件，是钢材通过下料、矫正成形或机械加工等工序制造出来的。部件是由若干个零件组合起来的能独立存在的构件，它是按照结构内在的规律来划分的。它在总体里一般都具有一定的完整性和独立性。

二、部件装配法的优点

1) 把集中作业改为分散作业，使总装配的工序和时间减少，缩短了生产周期，提高了装配效率。

2) 由于部件体积较小，便于翻转，所以焊接时可将很多的立焊、仰焊变成平焊，扩大了自动焊、机械化焊接的应用范围，减少了高空作业的工作量，提高了焊接效率。

3) 部件的体积小，重量轻，焊接变形小，焊后的矫正工作简单、工作量大小。

4) 进行部件装配，既便于对零件进行准确定位，又便于采取反变形等减少焊接变形的措施，还能使一些焊缝在自由收缩状态下进行焊接，减少了钢结构内部的焊接残余应力，有利于提高钢结构的质量。

5) 采用部件装配，把复杂的工作分散进行，有利于实现装配工作的机械化、流水线化。

三、划分部件的原则

1) 要尽量使划分成的部件具有一个比较规则的、完整的轮廓形状。

2) 部件与部件相连接处不宜太复杂，以便于总装配时进行操作和尺寸校验。

3) 部件装配之后，能有效地保证总装配的质量，使制成的总体结构符合设计要求。

四、装配工装

装配所用工艺装备的基本类型大致可分为两类：一类是用于夹紧的装配夹具；另一类是复杂件的装配胎模。与装配工装相适应的装配方法也分为两种：一种为自由装配法，即不用装配工装或仅用装配夹具进行的装配；另一种为胎模装配法，即利用装配胎模或同时利用装配夹具进行的装配。两种装配方法的特点和适用范围见表 6-12。

表 6-12 不同装配方法的比较

项 别 \ 特 点 \ 装配方法	自由 装 配	胎 模 装 配	
		简单胎模的装配	复杂胎模的装配
适用范围	适用于单项产品或其他特定产品	适用与中、小批量生产	适用于大批量生产
工装制作	设计和制造出一些单个独立的夹具或其他工具，成本较低	设计和制作出比较简单的装配胎具，成本较低	经过周密设计，制作出高效率的装配模具，成本较高
定位方式	进行划线定位和样板定位，需要边装配边定位	有定位元件，一般不需要划线定位和找正	完全自动定位，不需划线
夹紧方式	采用各种丝杠、斜楔等形式的简单夹具	主要采用丝杠夹紧装置	主要采用风动、液压等形式的先进夹紧机构，少数辅以其他夹具
操作特点	要由技术很熟练的工人进行操作	可由一定熟练程度的工人进行操作	要由熟练本胎模特点的工人进行操作

五、平面框架的装配

图 6-21 所示为盖板组焊装配，是由梁体与盖板焊接在一起，属于典型的框架结构装配。

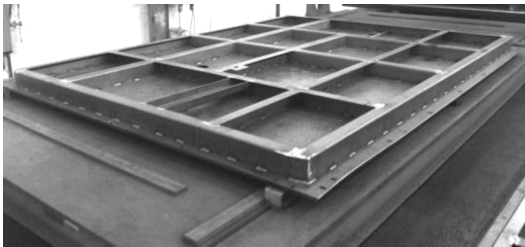


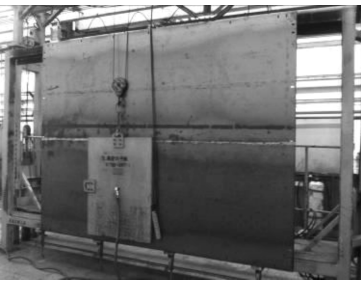
图 6-21 盖板组焊装配

对于钢结构的组焊，在装配之前，要认真分析图样；确定施工方案，优化工艺，在提高生产效率的同时保证产品质量。根据盖板组焊图，在分析图样和产品结构的特点后，将盖板按照表 6-13 进行组装。

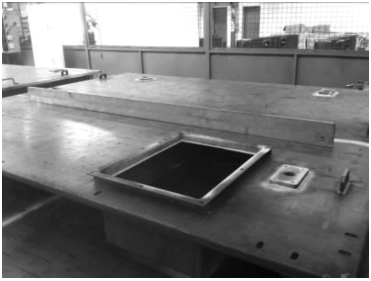
在盖板组焊过程中，使用了各种结构的工装夹具。可以看出，盖板组焊工装具有以下优点。

- 1) 利用手动夹具，对组焊工件卡紧固定，保证产品形位尺寸的准确性。
- 2) 在骨架与盖板组焊及矫正梁体工序中，使用气动夹具，更加快捷、方便、省力。
- 3) 防止、控制焊接变形。

表 6-13 盖板组焊装配工艺

工 序	图 示	装 配 要 点
骨架 装配		1) 构成骨架的梁体均采用3mm板厚的压型角铁,高度尺寸必须严格控制。如果高度尺寸不一,会造成骨架与盖板组焊时局部间隙过大,板面上拱或下塌 2) 检查胎膜定位是否松动、准确和手动夹具使用可靠 3) 在组装胎膜上,将各种梁体按顺序摆放好,用手动夹具固定好后,进行定位焊,检查各尺寸符合图样技术要求,方可按照焊接规范进行焊接,形成骨架
骨架与 盖板 组焊		在组焊平台上,利用风动压紧装置,使盖板与骨架贴严、定位焊固定,再进行断焊焊接。焊接时,注意焊接顺序和方向,应由二人对称施焊。减小由焊接应力引起的焊接变形。减轻后续的矫正工作量
矫梁		因为盖板焊接后会产生变形,板面随梁体下塌。所以,矫梁时在盖板四个角下方垫置垫块,将顶盖垫起。用风动顶紧装置或千斤顶使梁体产生一个与原变形相反方向的变形。再在适当的位置用三角形法进行烤火加热,如果一次不行,则错开加热位置,再进行烤火,直至把梁体矫直
矫梁与 板面 调平		使用水火矫正法对盖板板面进行调平。这里指出,烤火后,可辅助加以锤击提高矫正效果和缩短矫正时间,冷却时尽量采取水雾或风冷,减少板面锈蚀
板面 调平		使用真空吸盘对盖板面进行调平

(续)

工 序	图 示	装 配 要 点
精整与 交验		最后，在盖板正面安装附件，各工序结束后，进行打磨、精整和磁粉检测，检查板面平面度、直线度、外观尺寸，符合图样要求

4) 提高组装速度并能保证产品质量。

5) 提高自动化程度。

六、壳体的装配

如图 6-22 所示为车体驾驶室，根据产品结构特点，按照部件划分的原则，

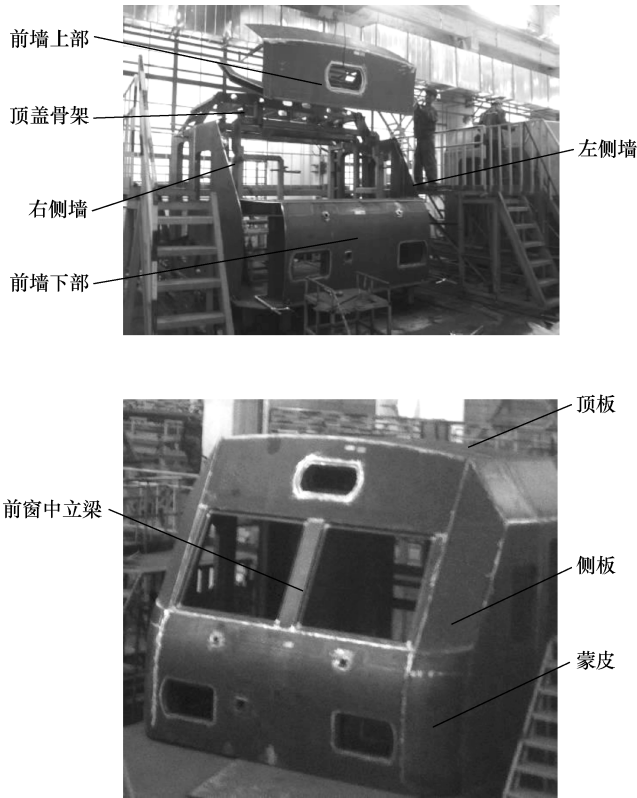
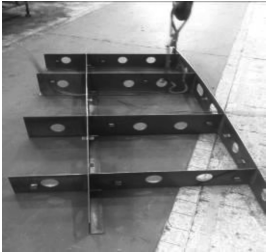
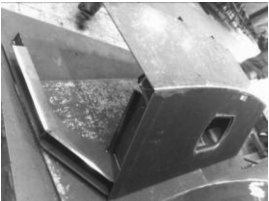


图 6-22 车体驾驶室结构

可将驾驶室划分为几个部件，分别制作，再将几个部件在专用胎膜上进行总装配，具体见表 6-14。

表 6-14 驾驶室装配工艺流程

序 号	步 骤	图 示	说 明
1	前窗下部	 底部与胎膜进行多处定位焊	前墙下部制作好后吊入总装胎膜，正确定位后，对其进行定位焊，防止在装配过程中产生位移
2	驾驶室左、右侧墙		吊入作用左、右侧墙，对其进行定位、夹紧；测量两侧墙的垂直度、宽度尺寸，符合图样要求后进行定位焊
3	顶盖骨架		吊入顶盖骨架，与左、右侧墙进行连接定位焊
4	前墙上部		吊入前墙上部后，使之与左、右侧墙连接，在检查各部位尺寸正确后，对它进行定位并施焊
5	驾驶室后墙		吊装驾驶室后墙，检查其垂直度、驾驶室宽度尺寸，定位和夹紧后墙并施定位焊

(续)

序 号	步 骤	图 示	说 明
6	前窗中立梁、侧板及顶板的组焊		装配前墙中立梁, 检查前窗的窗口各尺寸正确, 进行定位、施焊; 装配驾驶室外侧板、顶盖蒙皮等部件, 完成驾驶室装配作业
7	焊接、打磨、精整、交检		对焊缝进行精整和打磨, 并对驾驶室焊后变形处进行调修。检查驾驶室各部位及总体尺寸符合图样要求。最后进行交验

七、容器类的装配

容器类构件主要用于储存气体或液体, 多数制成圆柱形或环形等。容器类构件应具有较好的密封性和足够的强度。焊接结构的容器, 其焊缝应与容器本体具有相同的强度。容器的壁厚因在使用中遭受介质的腐蚀或机械磨损而减薄, 所以制造时要适当增加其厚度, 还需采取涂刷相应的耐腐蚀涂层等工艺保护措施。

中压容器多数制成圆柱形或球形, 它除了承受内部盛放的介质压力 (除工作压力外, 还承受自重和其他附加设备重力的作用力), 有时还受到高温或者烟气的作用, 随着使用的场合及工作压力的不同, 容器就制成不同的形状及大小。如果容器的壁厚不变, 而形状和大小改变时均能影响承受压力的大小。

球形容器由于各点的应力均匀, 所以各条拼接焊缝所受的力基本相等, 同样的容积所用的材料最少 (表面积最小), 强度又最高。由于球形容器制造比较复杂, 所以除特殊场合外, 一般都以圆柱形容器代替。圆柱形容器受力不均匀, 根据受力分析, 纵向焊缝所受到的应力要比环向焊缝应力大 1 倍, 所以在制造过程中对纵向焊缝的质量要特别重视。

1. 压力容器的分类

根据压力容器工作压力的高低, 可分为低压、中压、高压和超高压, 等级划分原则见表 6-15。

表 6-15 容器压力等级的划分

容器压力等级	低压容器	中压容器	高压容器	超高压容器
规定压力 p 范围/MPa	$0.1 < p < 1.6$	$1.6 < p < 10$	$10 < p < 100$	$p \geq 100$

2. 压缩空气储气罐的制造工艺

储气罐的工作压力虽然不高，但制造时仍需严格地控制质量。由图 6-23 中可以看出该压缩空气储气罐由左右端部封头和单节筒体组焊而成。

(1) 封头的加工 封头材料应尽可能采用整块钢板制成，如果没有整块材料，可用 X 形坡口将两块半圆形钢板拼焊而成。如图 6-24 所示，拼缝离封头中心的距离不应超过 $D/4$ (D 为封头直径)。因为在这个区域范围，压延时受到的拉应力比转角处小些，所以焊缝边缘开裂的可能性小。



图 6-23 压缩空气储气罐

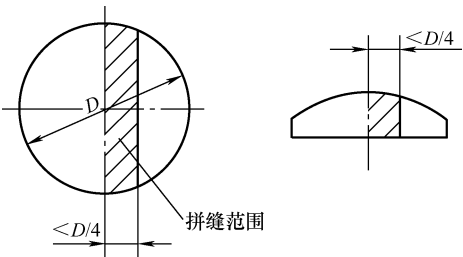


图 6-24 封头焊缝布置图

另外，由于毛坯较薄，为了减少起皱和鼓凸，除采用压边圈外，还应将毛坯边缘的焊缝高出钢板的部分磨平。

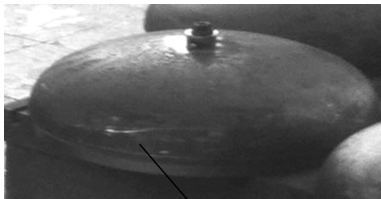
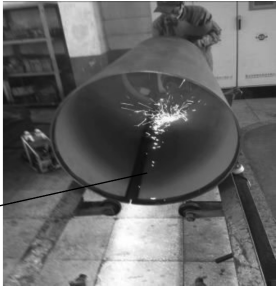
压制时，还应根据封头的材料，在模具表面涂上合适的润滑剂，这样既能延长模具使用寿命，又能使封头质量得到提高。

储气罐封头材料若为碳素钢且较薄时，可采用冷压成形；材料若为低合金钢且较厚时，可采用热压成形。加热温度一般为 $700^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$ ，封头压制成形后清除氧化皮，车边缘焊接坡口，并仔细检查，不允许有凸起、凹陷、刻痕等缺陷。

(2) 筒体的加工 筒节钢板的厚度较薄，所以采用冷卷 ($t < D/40$)。卷板时，应注意预弯、对中、卷圆三个步骤，并严格对中，即钢板的纵向中心线与辊筒轴线保持平行，否则会产生歪扭，尤其对钢板四周坡口已加工的，更应注意。

(3) 组焊工艺 储气罐组焊流程见表 6-16。

表 6-16 储气罐组焊流程

步 骤	图 示	加 工 方 法
1	 密封圈	将封头上的阀门接头和密封圈焊好
2	 密封条	将筒体调上至手动滚轮架上，并在对接焊缝处内侧，定位焊密封条
3		将左、右两个封头分别与筒体定位焊连接。
4		在专用旋转工装上，对焊缝进行自动焊接，显著提高焊接效率和焊接质量

第七章

冷作钣金连接

第一节 焊 接

一、焊条电弧焊

1. 焊条电弧焊工具

焊条电弧焊的工具具有电缆、焊钳、面罩和清理工具，见表 7-1。

表 7-1 焊条电弧焊工具

电缆		电缆用于导电。焊接时电缆有两根，一根从电焊机的一极引出连接焊钳；另一根从电焊机的另一极引出连接焊件
焊钳		焊钳用于导电夹持焊条，焊钳应重量轻，导电性能好，更换焊条灵活方便，焊钳的导电部分用铜制成，手柄用绝缘材料制造
面罩		面罩用于遮挡飞溅的金属和电弧中有害的光线，是保护焊工头部和眼睛的重要工具，常用的面罩有手握和头戴两种。面罩上的护目玻璃片用来降低电弧光的强度，阻挡红外线及紫外线。为了防止护目玻璃片被金属飞溅或损坏，可在护目玻璃片前面放置一块普通白玻璃片，白玻璃片可以随时更换

(续)

清理工具		清理工具有钢丝刷和清渣锤等。钢丝刷用来刷除焊件表面的锈污等脏物。清渣锤用来敲除焊渣和检查焊缝，锤子的两端可根据实际情况磨成圆锥形或扁铲形等
------	---	---

2. 焊条电弧焊设备

焊条电弧焊主要设备是电弧焊机，电弧焊机分直流电弧焊机（简称直流焊机）和交流电弧焊机（简称交流焊机）两大类，其中直流电弧焊机又分为逆变式和可控硅式，如图 7-1 所示。各种电弧焊机要求具有满意的调节性。焊接电流能方便地进行调节，焊机的空载电压为 50 ~ 80V，短路电流要求不超过焊接电流的 1 倍。焊机结构应力求简单，轻巧耐用。



图 7-1 电弧焊机

a) 逆变直流电弧焊机 b) 可控硅直流电弧焊机 c) 交流电弧焊机

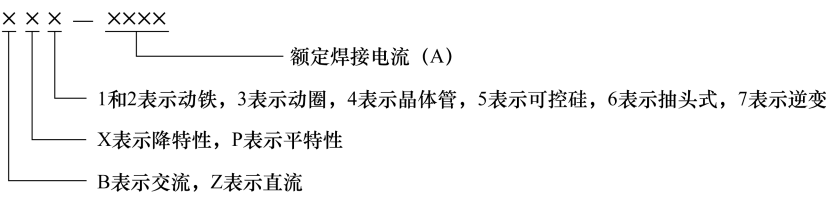
(1) 焊机工作原理

1) 逆变电弧焊机。将直流电转换成交流电的装置称逆变器，又称弧焊逆变器，是一种新型的焊接电源。这种电源一般是将三相工频（50Hz）交流网路电压，先经输入整流器整流和滤波，变成直流，再通过大功率开关电子元件（晶闸管 SCR、晶体管 GTR、场效应管 MOSFET 或 IGBT）的交替开关作用，逆变成几千赫兹至几十千赫兹的中频交流电压，同时经变压器降至适合于焊接的几十伏电压，后再次整流并经电抗滤波输出相当平稳的直流焊接电流。

2) 硅整流电弧焊机。它是利用整流器将交流电变为直流电的直流电弧焊机。它由交流焊接变压器和整流器两部分组成，前者的作用是获得可调节的交流电，后者的作用是将上述交流电变成直流电。它没有旋转部分，具有噪声小、耗电少、节省材料、成本低和制造维修容易等优点。

3) 交流电弧焊机。该设备又称弧焊变压器，是一种特殊的降压变压器，焊接电流能从几十安培调到几百安培，并可根据工件的厚度和所用焊条直径的大小任意调节所需的电流值。它由降压变压器、阻抗调节器、手柄和焊接电弧等组成。为了使焊接顺利进行，这种变压器电源能按焊接过程的需要而具有如下特点：具有陡降的特性；具有焊接电流的可调节性。

(2) 焊机型号表示方式



(3) 焊条 焊条在焊条电弧焊时有着两方面的作用：焊接时，焊条作为一个电极起导电作用，工件作为一个电极；另一方面焊条作为焊缝的填充金属。焊条电弧焊的焊条选用原则见表 7-2。

表 7-2 焊条电弧焊的焊条选用原则

选用依据	选 用 要 点
焊接材料的机械性能和化学成分要求	1) 对于普通结构钢，通常要求焊缝金属与母材等强度，应选用抗拉强度等于或稍高于母材的焊条 2) 对于合金结构钢，通常要求焊缝金属的主要合金成分与母材金属相同或相近 3) 在被焊结构刚度大、接头应力高、焊缝容易产生裂纹的不利情况下，可以考虑选用比母材强度低一级的焊条 4) 当母材中碳及硫、磷等元素的含量偏高时，焊缝容易产生裂纹，应选用抗裂性能好的低氢焊条
焊件的使用性能和工作条件要求	1) 对承受载荷和冲击载荷的焊件，除满足强度要求外，还要保证焊缝金属具有较高的冲击韧度和塑性，应选用塑性和韧性指标较高的低氢焊条 2) 接触腐蚀介质的焊件，应根据介质的性质及腐蚀特征，选用相应的不锈钢类焊条或其他耐腐蚀焊条 3) 在高温或低温条件下工作的焊件，应选用相应的耐热钢或低温钢焊条
焊件的结构特点和受力状态	1) 对结构形状复杂、刚度大及大厚度焊件，由于焊接过程中产生很大的应力，容易使焊缝产生裂纹，应选用抗裂性能好的低氢焊条 2) 对焊接部位难以清理干净的焊件，应选用氧化性强，对铁锈、氧化皮、油污不敏感的酸性焊条 3) 对受条件限制不能翻转的焊件，有些焊缝处于非平焊位置，应选用全位置焊接的焊条
施工条件及设备	1) 在没有直流电源，而焊接结构又要求必须使用低氢焊条的场合，应选用交直流两用低氢焊条 2) 在狭小或通风条件差的场合，选用酸性焊条或低尘焊条 3) 在满足产品性能要求的条件下，尽量选用工艺性能好的酸性焊条 4) 在满足使用性能和操作工艺性的条件下，尽量选用成本低、效率高的焊条

(4) 电流 焊接电流主要取决于焊条直径和焊件厚度。焊接电流大，温度高，熔深大，焊条熔化快，生产效率高。但电流过大，飞溅严重，焊件易产生烧穿、咬边等缺陷，甚至会使后半根焊条药皮烧红而大块脱离，致使焊接质量较差；电流过小，焊件熔化面积小，焊缝窄而高，成形差，并且会产生气孔、夹渣等缺陷。对于一定直径的焊条，有一个合理的焊接电流使用范围，焊接电流的大小可按下列经验公式计算，即

$$I=10d^2$$

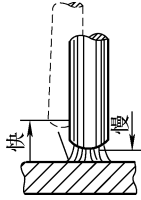
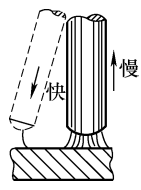
式中 I ——焊接电流（A）；

d ——焊条直径（mm）。

(5) 焊条电弧焊操作 焊条电弧焊焊接包括引弧、运条和收尾三个过程。

引弧方法见表 7-3。

表 7-3 引弧方法

碰击法		它是将焊条垂直碰击焊件，然后迅速提起焊条并保持一定距离的引燃电弧的方法
划擦法		它是将焊条端头轻轻擦过焊件，然后与焊件保持一定距离的引燃电弧的方法

焊条运动方向见表 7-4。

表 7-4 焊条运动方向

即沿焊条方向的 送给运动	焊接过程中焊条被电弧熔化变短，为了保持一定弧长，不断提供填充金属，焊条必须沿其方向送进。送进的速度一般通过观察电弧的长短而定，送进速度太快，弧长将缩短，最终发生焊条与焊件粘结；反之太慢，电弧拉长，将会发生断弧
沿焊缝方向的 移动	为了形成一条焊缝，移动的速度（焊接速度）由焊条直径、焊接电流、焊件厚度和焊缝位置等决定。移动速度太快，焊缝熔深太小，易造成未焊透等缺陷；反之太慢，会使焊缝过高、焊件过热，造成咬边、烧穿、变形增加等缺陷
垂直方向的横向 摆动	为了使焊缝获得一定宽度，焊条横向摆动不但增加焊缝宽度，还有利于熔池中的熔渣和气体浮出，改善焊缝质量

运条方式见表 7-5。

表 7-5 运条方式

直线往复		直线往复运条法是焊条末端沿焊缝纵向作来回直线摆动的运条方法
锯齿形		锯齿形运条法是焊条末端作锯齿形连续摆动的前移运动，并在两边转折点处稍停片刻的运条方法
月牙形		月牙形运条法是焊条末端作月牙形左右连续摆动的前移运动，并在两边转折点处稍停片刻的运条方法
三角形		三角形运条法分为正三角形运条法和斜三角形运条法
圆圈形		环形运条法分为正环形运条法和斜环形运条法

如图 7-2 所示，焊缝焊完时，如果收尾不当，会在焊缝的末尾形成低于焊件的凹坑，在凹坑中还可能产生气孔或裂纹，影响焊接质量。收尾方法见表 7-6。

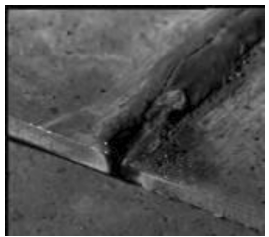
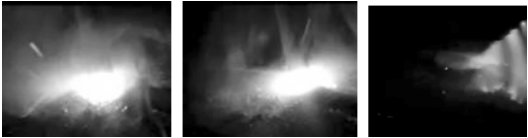


图 7-2 收尾处焊接缺陷

表 7-6 收尾方法分类及示意图

收 尾 方 法	示 意 图
画圈收尾法	焊至收尾处作圆圈运动，直到填满弧坑后拉断电弧
反复断弧收尾法	在收尾处灭弧，再次引燃电弧，反复几次弧坑填满后灭弧

(续)

收尾方法	示意图
回焊收尾法	 在收尾处停住，改变焊接方向回焊一段，慢慢拉断电弧

二、气体保护焊

气体保护焊是利用气体作为保护介质的一种电弧熔焊方法。它依靠保护气体在电弧周围造成局部的保护层，以防止有害气体侵入，这样就保证了焊接过程的稳定性，从而获得高质量的焊缝。用作保护气体的有氩气、二氧化碳、氢气、氮气等。目前应用最多的是二氧化碳和氩气。图 7-3 所示为气体保护焊常用分类。

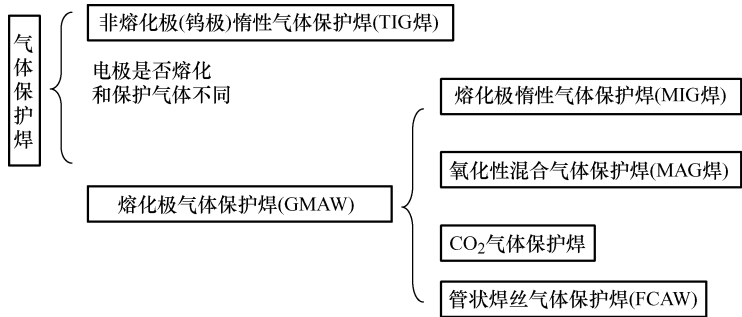


图 7-3 气体保护焊常用分类

1. 熔化极气体保护焊

熔化极气体保护焊的焊接电源通常采用直流焊接电源。焊接电源的功率取决于个中用途所需要的电流范围，焊接操作时主要调节电弧电压和焊接电流。其原理图如图 7-4 所示。

送丝系统通常由送丝机（包括电动机、减速器、校直轮、送丝轮）、送丝软管、焊丝盘等组成。

熔化极气体保护焊的焊枪分为半自动焊枪和自动焊枪。半自动焊枪根据冷

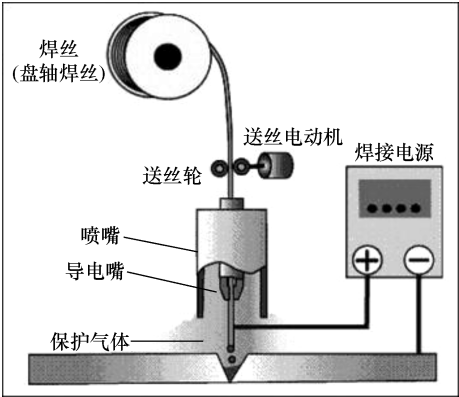


图 7-4 熔化极气体保护焊原理图

却方式不同可分为气冷式和水冷式，如图 7-5 所示。

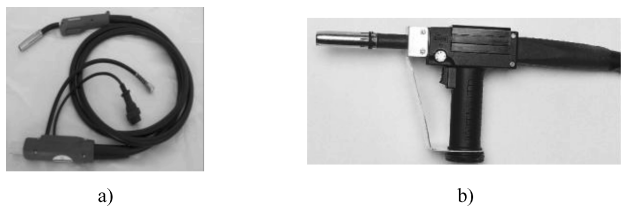


图 7-5 半自动熔化极气体保护焊焊枪
a) 鹅颈式气冷焊枪 b) 手枪式水冷焊枪

供气系统由高压气瓶（气源）、减压阀、流量计和气阀组成，见表 7-7。

表 7-7 供气系统

气瓶		采用高强度合金钢压制而成，是公称压力等于或大于 8MPa 的气瓶，用于存储高压气体。在使用过程中，应注意轻拿轻放，并避免过热或过冷
气体流量调整器		通常将预热器、减压器、流量计作为一体，可以用来调节气体压力，也可以用来控制气体的流量。二氧化碳气体保护焊减压阀一般带有加热器

2. 二氧化碳气体保护焊

二氧化碳气体保护焊是利用二氧化碳作为焊接保护气体的一种电弧焊方法。其设备组成如图 7-6 所示。该方法在焊接时不能有风，适合室内作业。由于它成本低，二氧化碳气体易生产，因此广泛应用于各大小企业。由于二氧化碳气体的热物理性能的特殊影响，使用常规焊接电源时，焊丝端头熔化金属不可能形成平衡的轴向自由过渡，通常需要采用短路和熔滴缩颈爆断过渡。二氧化碳气体保护焊的分类见表 7-8。

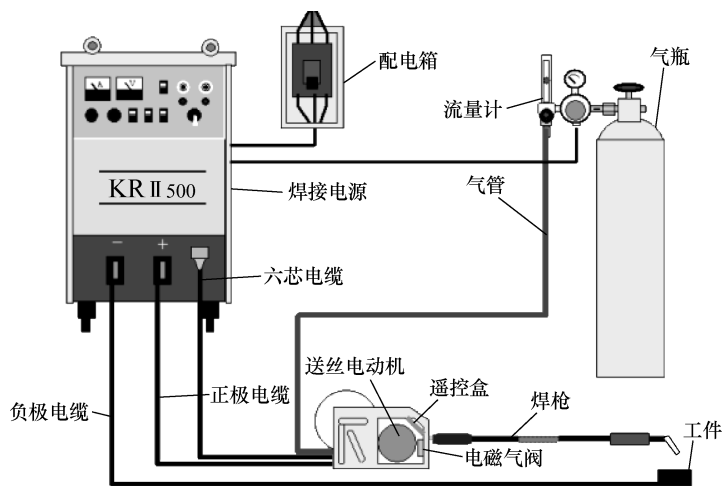


图 7-6 二氧化碳气体保护焊设备的组成

表 7-8 二氧化碳气体保护焊的分类

按机械化程度	自动化和半自动化
按焊丝直径	细丝 1.0 ~ 1.2mm，中丝 1.2 ~ 1.4mm，粗丝 1.4 ~ 1.6mm
按焊丝分类	药芯和实心焊丝

焊丝的直径通常根据焊件的厚薄、施焊的位置和效率等要求选择。焊接薄板或中厚板的全位置焊缝时，多采用直径为 1.6mm 以下的焊丝（称为细丝二氧化碳气体保护焊）。焊丝直径的选择见表 7-9。

表 7-9 焊丝直径的选择

焊丝直径/mm	熔滴过渡形式	可焊板厚/mm	施 焊 位 置
0.5 ~ 0.8	短路过渡	0.4 ~ 3	全位置
	细颗粒过渡	2 ~ 4	平焊、船形焊
1.0 ~ 1.2	短路过渡	2 ~ 8	全位置
	细颗粒过渡	2 ~ 12	平焊、船形焊
1.6	短路过渡	2 ~ 12	平焊、船形焊
	细颗粒过渡	> 8	平焊、船形焊
2.0 ~ 2.5	细颗粒过渡	> 10	平焊、船形焊

送丝方式（见表 7-10）一般与焊接电源有关。平特性电源用于细丝（短路过渡）焊接，配用等速送丝系统；下降特性电源用于粗丝焊接，配用变速送丝

系统。主要焊接参数选择见表 7-11。

表 7-10 送丝方式

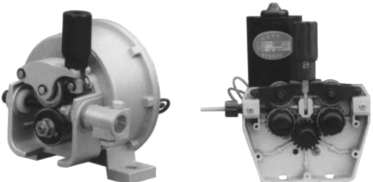
类 型	图 示	特点和应用
推丝式		适用于直径为 0.8 ~ 1.6mm 的焊丝，应用最广。焊枪结构比较简单，便于操作
拉丝式		焊枪复杂、较重，以手枪式焊枪多见，薄板结构使用较多；适于直径小于 0.8mm 的细焊丝远距离送丝
行星式		可远距离稳定地送细的软焊丝（如直径为 0.8mm 的铝焊丝）

表 7-11 主要焊接参数选择

焊接电流	大小主要取决于送丝速度。送丝的速度越快，则焊接电流就越大。焊接电流对焊缝熔深的影响最大。当焊接电流为 60 ~ 250A，即以短路过渡形式焊接时，焊缝熔深一般为 1 ~ 2mm；焊接电流只有在 300A 以上时，熔深才明显增大
电弧电压	在保证外围系统（送丝、导电）良好的前提下可用下列经验式计算： $I \leq 200A$ 时， $U = (14V + 0.05I) \pm 2$ ； $I > 200A$ （尤其是有加长线）时，电压略配高些 $U = (16 + 0.05I) \pm 2$ 。其中， I 为焊接电流， U 为电弧电压
焊接速度	半自动焊接时，熟练的焊工的焊接速度为 18 ~ 36m/h；自动焊时，焊接速度可高达 150m/h
焊丝的伸出长度	一般焊丝伸出长度约为焊丝的直径的 10 倍，并随焊接电流的增加而增加，通常在 5 ~ 15mm 范围内
气体的流量	正常焊接时，气体流量通常选用 5 ~ 15L/min（粗焊丝可适量增加）。200A 以下薄板焊接时，CO ₂ 的流量为 10 ~ 25L/min；200A 以上厚板焊接时，CO ₂ 的流量为 15 ~ 25L/min；粗丝大规范自动焊时，CO ₂ 流量为 25 ~ 50L/min

二氧化碳横焊操作示例见表 7-12。

表 7-12 横焊操作实例

 1) 用角向砂轮机清理焊缝坡口两面及周围 20mm 内的油污和铁锈	 2) 修磨坡口钝边, 使钝边尺寸保持在 1 ~ 1.5mm	 3) 装配形式和角度: V 形对接接头, 65°角。间隙: 始焊端为 3.2mm, 终焊端为 4mm。定位焊: 接头长 10 ~ 15mm, 错边量小于 1mm, 反变形量为 3.2 ~ 4mm
 4) 打底层: 采用左焊法焊接, 在定位焊上引弧, 焊枪以小幅度划斜圆形摆动, 在上坡口边停顿的时间要比下坡口长	 5) 打底层完成后, 将焊缝表面的焊渣和飞溅清理干净	 6) 填充层: 采用左焊法, 速度比打底层慢些, 比母材表面低 1.5 ~ 2mm, 不允许熔化坡口棱角
 7) 用清渣锤和钢丝刷将填充层焊缝表面的焊渣和飞溅清理干净, 为盖面焊做好准备	 8) 盖面焊: 采用左焊法, 要求焊缝圆滑过渡, 焊枪喷嘴成划圆圈运动, 每一道焊缝要清渣, 各焊道间搭接 1/2, 防止夹渣和棱角的出现	 9) 清理完焊缝表面后, 按国家标准对焊缝进行各项检验

3. 钨极惰性气体保护焊

钨极惰性气体保护焊简称 TIG 焊, 是以高熔点的纯钨或钨合金作电极, 用惰性气体或其混合气体作为保护气体的一种非熔化极电弧焊方法。其工作原理如图 7-7 所示。

TIG 焊的设备一般由焊接电源、引弧及稳弧装备、焊枪、供气系统、水冷系统和焊接控制系统等部分组成, 如图 7-8 所示。

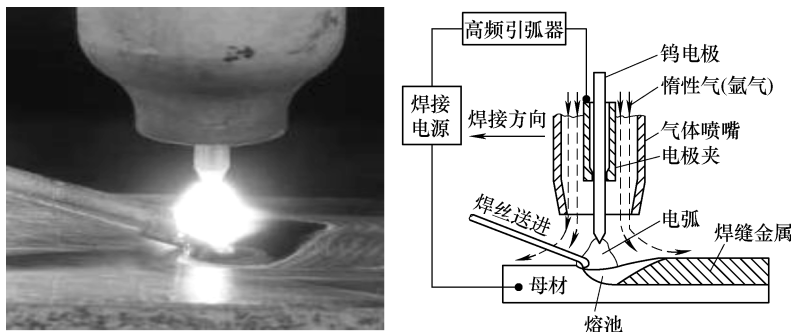


图 7-7 TIG 焊工作原理

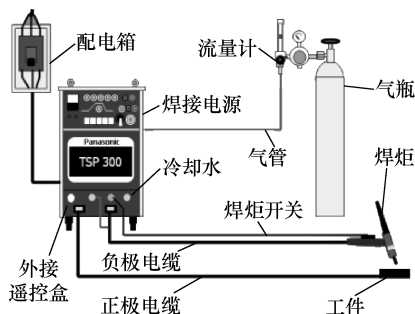


图 7-8 TIG 焊设备的组成

TIG 焊几乎可以焊接所有的金属及合金。但从经济性及生产率考虑，TIG 焊主要用于焊接不锈钢、高温合金和铝、镁、铜、钛等金属及其合金，以及难熔金属（如钨、钼、钨）和异种金属。对于低熔点和易蒸发金属（如铅、锡、锌等），焊接较困难。

由于受承载能力的限制，TIG 焊一般适宜于焊接薄件，钨极氩弧焊适合焊接厚度小于 6mm 的构件。

TIG 焊按电流分类一般有直流 TIG 焊、交流 TIG 焊和脉冲 TIG 焊。

焊接电源有直流、交流或直流交流两用三种电源形式。电源均采用陡降或垂直下降外特性。陡降外特性的电源与普通电弧焊的并无多大差别，原则上可以通用。图 7-9 所示为 TIG 焊焊接电源。

如图 7-10 所示，TIG 焊焊枪分为气冷式（QQ）和水冷式（QS）两种。焊枪头由陶瓷喷嘴、电极夹、钨极、



图 7-9 TIG 焊焊接电源

冷却水道、电极帽和气腔组成，如图 7-11 所示。焊接喷嘴材料为陶瓷、纯铜和石英石三种。焊枪的标志由形式符号以及主要参数组成。

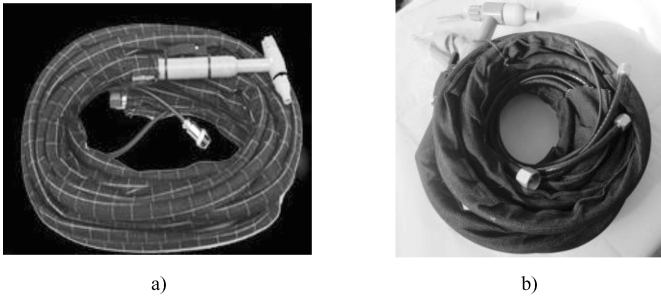


图 7-10 TIG 焊焊枪
 a) 气冷式焊枪 b) 水冷式焊枪

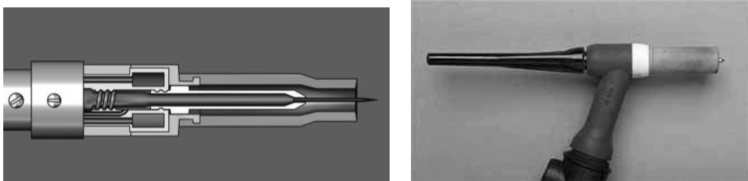


图 7-11 TIG 焊焊枪头结构

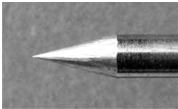
钨极的分类和应用见表 7-13。

表 7-13 钨极的分类和应用

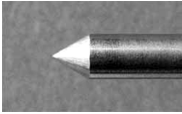
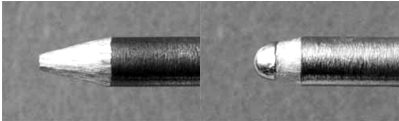
分 类	应 用
纯钨极	熔点最高，典型的热电极（热发射），耐烧蚀能力差，可用于交流焊接。适合在交流条件下镁、铝及其合金的焊接
钍钨极	钨材料中加入质量分数为 1% ~2% 的 ThO ₂ ，电弧易引燃，过载能力强，综合性能优良，通常用于碳钢、不锈钢、镍合金和钛金属的直流正接焊接
铈钨极	无放射性是目前主流。起弧维弧性能好，适于低电流直流下焊接，尤其用于管道和细小部件的焊接、断续焊接和特定数目的焊接时更具优越性

钨极头形状和应用见表 7-14。

表 7-14 钨极头形状和应用

形 状	图 示	应 用
尖锥状		适用于直流（正接），交流亦可

(续)

形 状	图 示	应 用
锐角尖锥状		适用于小直径钨极、小电流焊接的场合
钝角尖锥状		适用于大直径钨极、大电流焊接的场合

TIG 焊焊的接头形式有对接、搭接、角接和 T 形接和端接，如图 7-12 所示。生产中对于厚度小于等于 3mm 的非合金钢、低合金钢、不锈钢、铝及其合金钢的对接接头以及厚度小于等于 2.5mm 的高镍合金，一般开 I 形坡口；厚度在 3 ~ 12mm 之间的上述材料可以开 V 形和 Y 形坡口。

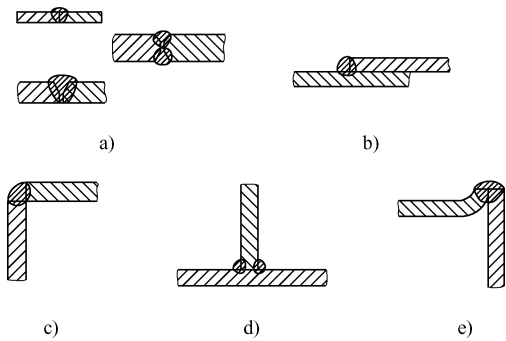


图 7-12 TIG 焊焊接接头形式

a) 对接 b) 搭接 c) 角接 d) T 形接 e) 端接

装配方法与普通焊接装配方法相同。焊前必须对材料进行严格的清理，清除填充焊丝和坡口两侧至少 20mm 的范围内的油污、水分、灰尘和氧化膜等。焊前准备工作见表 7-15。焊接参数的选择见表 7-16。

表 7-15 焊前准备工作

准 备 工 作	工 作 内 容
检查水路	检查水路有无破损和管接头是否滴漏等，检查水路是否通畅
检查气路	检查气是否通畅，气管有无破损、漏气现象，钢瓶是否有氩气
检查电路	检查控制箱以及电源控制接地情况
负载检查	正式操作前，对设备进行一次负载检查

表 7-16 焊接参数的选择

焊接电流	焊接电流主要根据工件的材料、厚度、接头形式、焊接位置等因素并兼顾焊工的技术水平选择
钨极直径和端头形状	小电流焊接时选用小直径钨极和小锥角，大电流时增大锥角
气体流量和喷嘴直径	一般手工氩弧焊喷嘴嘴内直径为 5 ~ 20mm，保护气的流量为 5 ~ 25L/min
焊接速度	焊接速度的选择主要由工件厚度决定，并和焊接电流、预热温度等配合以保证获得所需的熔池和熔宽。当焊接速度太快时，焊缝容易产生未焊透和气孔等缺陷；反之，焊缝也容易产生焊穿和咬边等缺陷
喷嘴至工件的距离	喷嘴至工件的距离越大，气体保护效果越差；但该距离太近会影响焊工视线，且容易使钨极与熔池接触，产生夹钨。一般喷嘴至工件的距离为 8 ~ 14mm
电弧长度	当电弧长度太长时，焊缝容易产生未焊透和氧化等缺陷。因此，在保证电弧不短路的情况下，应尽量采用短弧焊。这样气体保护效果好、热量集中、电弧稳定、焊缝均匀且焊件变形最小

TIG 焊是需要焊工双手同时操作的焊接方法，有左焊法和右焊法两种，一般采用左焊法进行焊接。其基本的主要操作为引弧、焊枪摆动、送丝、收弧和焊道接头等，见表 7-17。

表 7-17 TIG 焊操作流程

引弧	引弧方法有两种：一种是借助于引弧器的非接触引弧，一种是短路接触引弧
焊枪摆动	主要有直线形、锯齿形、月牙形和圆圈形
送丝	送丝又称为填丝，焊接时可以根据具体情况添加或不添加填充焊丝，常用的有连续填丝法、断续填丝法和特殊填丝法。填丝时，焊丝应该与试件水平面成 15° ~ 20° 夹角，不应该把焊丝直接置于电弧下面，也不应该让熔滴向熔池滴落
收弧	常用的收弧方法是电流衰减法。熄弧时，焊接电流自动减小，氩气开关延时 10s 左右关闭，以防止焊缝金属在高温下氧化
焊道接头	焊道的接头首先要控制好收弧，其次是焊枪在停弧的地方重新引燃电弧，等待熔池基本形成后，再向下压 1 ~ 2 个波纹，可以添加或不加焊丝，待充分熔化后才可以转入正常的焊接

第二节 铆 接

一、铆接原理和应用

利用铆钉把两个或两个以上的零件或构件（通常是金属板或型钢）连接为

一个整体，这种连接方法称为铆接。铆接时，使用工具连续锤击或用压力机压缩铆钉杆端，使钉杆充满钉孔并形成铆钉头。

铆接的主要优点是工艺简单，连接可靠，抗振和耐冲击；与焊接相比，其缺点是结构笨重，铆钉孔削弱了被连接间截面的强度，一般可使强度降低 15% ~ 20% ，劳动强度大，噪声大，生产率低，因此铆接的经济性和致密性都不如焊接。

目前铆接应用在承受严重冲击或剧烈振动载荷的金属结构上，或焊接技术受到限制的场合，以及在非金属元件的连接（如制动闸中的摩擦片）上还有广泛应用。其应用如图 7-13 所示。



图 7-13 铆接的应用

铆接的分类和应用见表 7-18。

表 7-18 铆接的分类和应用

分类方法	形 式	说 明	图 示	应 用
连接要求	活动铆接	结合件可以相互转动。不是刚性连接		剪刀，钳子等
	固定铆接	结合件不能相互活动。属于刚性连接		角尺、三环锁上的铭牌、桥梁建筑等
	密封铆接	铆缝严密，不漏气体、液体。属于刚性连接		水箱、气箱和油罐等

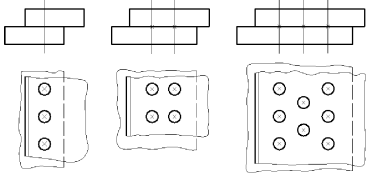
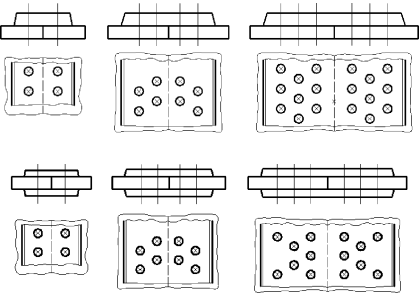
(续)

分类方法	形 式	说 明	图 示	应 用
加工温度	冷铆	铆钉在常温状态下进行的铆接。钢制铆钉在铆接前首先要进行退火处理，以提高铆钉的塑性		汽车后桥等
	热铆	铆钉加热到一定温度后进行的铆接。钢制铆钉用铆钉枪铆接时，加热温度为1000~1100℃。铆接机铆接时，加热温度为650~670℃，终铆温度在450~600℃之间		常用在铆钉材质塑性较差、铆钉直径较大或铆力不足的情况下

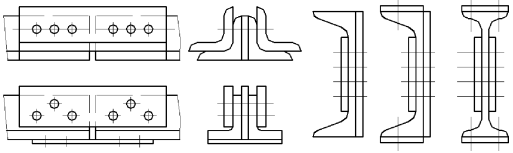
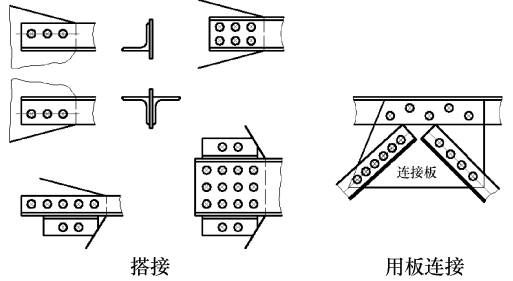
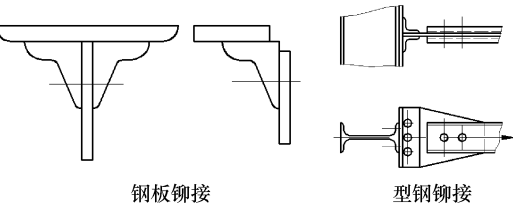
二、铆接的连接形式

铆接的连接形式见表 7-19。

表 7-19 铆接的连接形式

形 式	说 明	图 示
搭接	是把一块钢板在另一块钢板上进行铆接。根据所形成构件的强度及要求不同按铆钉的排数分类，形式有并列和交错两种	 单排 双排 多排
对接	将两块钢板置于同一平面利用盖板连接，盖板有单盖板和双盖板两种，排列也分为并列和交错两种	 单排 双排 多排

(续)

形 式	说 明	图 示
型钢与型钢	作为盖板的型钢截面尺寸应与所连接的型钢规格一致。如能在盖板上布置两排铆钉，可用平板作盖板复接	
型钢与钢板	连接的标准形式是搭接。受力很大时，因为需要很多的铆钉，为了保证连接紧凑，可借助于短角钢加固，短角钢与型钢之间也用铆钉连接	
构件互成直角	两块钢板或两种型钢构件需要连接成丁字形或直角形，一般都用角钢连接。主要用于角钢和槽钢的铆接，角钢和工字钢的铆接	

三、铆接操作

铆接工艺过程一般为：钻孔→（铤窝）→（去飞边）→插入铆钉→顶模（顶把）顶住铆钉→旋铆机铆成形（或手工镦紧→镦粗→铆成→罩形）。现在钉孔一般预先机加工而成，这里不再作介绍。

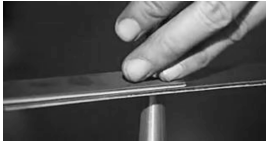
1. 手工冷铆

圆头铆钉铆接工具和操作过程见表 7-20。

表 7-20 圆头铆钉铆接工具和操作过程

名 称	工 具	图 示	用途和操作过程
压紧冲头			铆钉穿入孔内后压紧工件

(续)

名 称	工 具	图 示	用途和操作过程
锤子			用圆头锤子敲击铆钉头将其墩粗
顶模			夹在台虎钳上，作铆钉头的支撑。形状与铆钉圆头相同
罩模			用于铆钉敲击罩制半圆头。形状与铆钉圆头相同

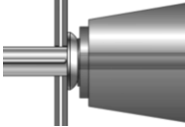
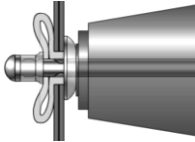
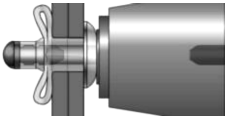
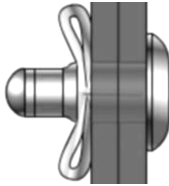
2. 拉铆

拉铆是利用手工或压缩空气作为动力，通过专用工具使特殊的铆钉变形，将铆接件铆合的一种铆接方法，属于冷铆的一种。其特点是不需要顶钉操作，对于反面无法顶钉和结构复杂的构件是很方便的。表 7-21 为主要工具和说明。表 7-22 为拉铆操作的工艺过程。

表 7-21 主要工具和说明

工 具	图 示	说 明
抽芯铆钉		按帽头形状一般有圆头和沉头，材质有铝、铁和不锈钢
手动拉铆枪		手动拉铆枪可分为普通型与强力型两种。拉铆枪铆钉枪规格依其长度而定。铆钉枪配有多个枪嘴，上面标有不同的口径，可按实际需要装卸交替使用
风动拉铆枪		其动作原理是：将压缩空气由连管经过活门到达活塞，使活塞在枪身内作往复运动从而使铆钉成形；一般使用的空气压力为 0.1 ~ 0.7m ³ /min，配有多个枪嘴，上面有不同孔径，可按实际需要装卸交替使用

表 7-22 拉铆操作的工艺过程

		
① 根据铆钉芯棒直径选定铆枪头的孔径，将铆钉放入（或吸入）枪嘴	② 将铆钉穿入钉孔，枪端顶住铆钉头部。钉孔直径一般比铆钉直径大 0.1mm 左右	③ 开动铆枪，依靠压缩空气产生的向后拉力，使芯棒的凸肩部分对铆钉形成压力，铆钉出现压缩变形并形成铆钉头
		
④ 芯棒由于缩颈处断裂而被拉出	⑤ 铆接完成，形成不通孔铆接	

3. 环槽铆钉铆接

环槽型紧固件与传统螺栓利用扭力旋转产生紧固力不同。哈克紧固件利用胡克定律原理，经由哈克专用设备，在单向拉力的作用下，拉伸栓杆并推挤套环，将内部光滑的套环挤压到螺杆凹槽使套环和螺栓形成完全的结合，产生永久性紧固力。整个紧固过程仅需要 5 ~ 8s。每根拉铆钉紧固件在组装完成后具有相同的紧固力及永不松动等特性，可用于一般需栓接或铆接的部件。由于其所产生的高紧固力、永不松动及高抗剪力等性能，也经常被用来取代焊接。环槽铆钉铆接如图 7-14 所示。



图 7-14 环槽铆钉铆接

一套环槽铆钉是由一个钉杆和一个套环组成的，具防振功能和高强度夹紧力，可代替常规的螺栓螺母。其适合集装箱、客车、建筑等用途。图 7-15 所示

为环槽铆钉结构。图 7-16 所示为铆接设备。图 7-17 所示为环槽铆钉紧固过程。
 环槽铆钉操作步骤见表 7-23。

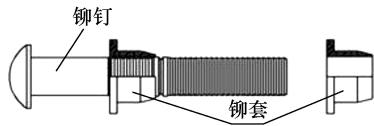


图 7-15 环槽铆钉结构



图 7-16 铆接设备

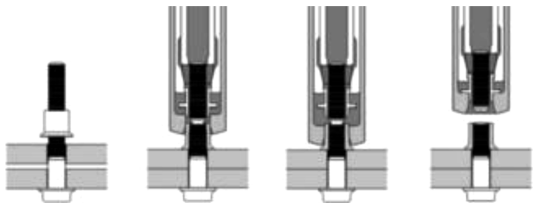


图 7-17 环槽铆钉紧固过程

表 7-23 环槽铆钉操作步骤

 ① 将哈克螺栓穿入连接孔，套环套在哈克螺栓上	 ② 将安装工具放至于栓杆尾部，按下开关，工具起动，头部爪片抓紧栓杆尾部，头部推动套环直到去掉任何间隙
 ③ 头部开始将套环模压在栓杆的环形沟槽上，直到套环伸长并钳压在栓杆上	 ④ 套环在栓杆上的沟槽压模锁闭完成达到设计夹紧力后，栓杆尾部同栓杆拉断分离，安装全过程完成

4. 热铆

铆钉经铆钉加热炉加热后的铆接称为热铆。当铆钉直径较大时，采用热铆，铆钉加热的温度取决于铆钉的材料和施铆的方式。用铆钉枪热铆时，铆钉需加热到 1000 ~ 1100℃；用铆接机铆接时，铆钉需加热到 650 ~ 670℃。热铆基本操作步骤见表 7-24。

表 7-24 热铆基本操作步骤

		
加热铆钉：可用电炉或焦炭炉，炉位应尽量靠近操作场地	穿钉和顶钉：将加热好的铆钉迅速插入连接件孔内，争取铆钉在高温时铆接；然后用顶把顶住铆钉头	铆接：用铆钉枪上罩模对准铆钉杆打击，为保证铆接质量，压缩空气压力应不低于 0.5 MPa

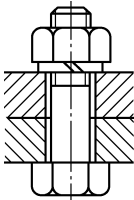
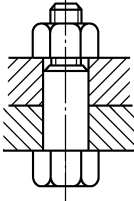
第三节 螺 纹 连 接

螺纹连接是用螺纹零件构成的可拆卸的固定连接。它具有结构简单、坚固可靠、装拆迅速（并可多次装拆而不损坏）等优点，所以应用极为广泛。

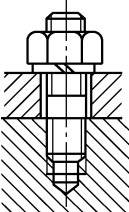
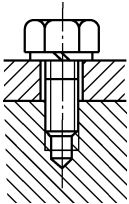
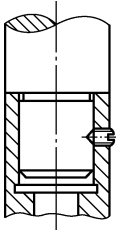
一、螺纹连接的结构形式

螺纹连接的结构形式见表 7-25。

表 7-25 螺纹连接的结构形式

形 式	图 示	说 明
螺栓（单头螺栓）连接		这种螺栓连接其螺栓杆与孔之间有间隙，主要用于承受轴向拉伸载荷的连接
		螺栓连接是用铰制孔的螺栓，其螺栓杆上有螺纹部分较细，无螺纹部分的螺杆与孔采用基孔制的过渡配合或过盈配合。因此，螺栓能精确地固定被连接件的相对位置，并能承受横向作用力所引起的剪切和挤压

(续)

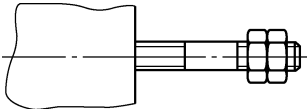
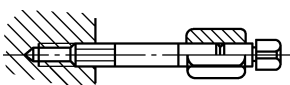
形 式	图 示	说 明
双头螺栓连接		双头螺栓是两头有螺纹的杆状连接件。一头拧入被连接件的螺孔中，另一头穿过其余被连接件的孔，再拧上螺母，就能将被连接件连成一体，主要用于不通孔、经常装拆、结构比较紧凑或工件较厚不宜用单头螺栓连接的场合
螺钉连接		它不用螺母，直接将螺钉拧入被连接件的螺孔中，达到连接的目的。适用于受力不大或一些轻小零件的连接
紧定螺钉连接		紧定螺钉全长上都有螺纹，它用来拧入一零件的螺孔内而用钉杆末端顶住另一零件的表面，以固定两零件的相对位置，紧定螺钉末端及头部具有多种形状，螺钉要经硬化处理

二、螺纹连接工艺

1. 双头螺柱的装配工艺

双头螺柱的装配工艺见表 7-26。

表 7-26 双头螺柱的装配工艺

装 配 形 式	图 示	操 作 方 法
双头螺柱对顶		先将两个螺母相互锁紧在双头螺柱上，然后扳动上面一个螺母，把双头螺柱拧入螺孔中
螺钉与双头螺柱对顶		用螺钉来阻止长螺母和双头螺柱之间的相对运动，然后扳动长螺母，双头螺柱即可拧入螺孔。在松开螺母时，应先使螺钉回松

2. 螺母和螺钉装配工艺

1) 螺母或螺钉与零件贴合的表面要光洁、平整，贴合处的表面应当经过加工，否则容易使连接件松动或使螺钉弯曲。

2) 螺母或螺钉和接触的表面之间应保持清洁，螺孔内脏物应当清理干净。

3) 拧紧成组的螺母时，必须按照一定的顺序进行，并做到分次序逐步拧紧（一般分三次拧紧），否则会使零件或螺杆产生松紧不一致，甚至变形。在拧紧长方形布置的成组螺母时，必须从中间开始，逐渐向两边对称地扩展，如图 7-18 所示。

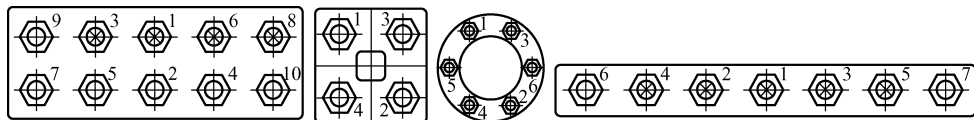


图 7-18 拧紧成组螺母的方法

4) 装配时，必须按一定的拧紧力矩来拧紧，因为拧紧力矩太大时，会出现螺栓或螺钉拉长，甚至断裂和被连接件变形现象；拧紧力太小时，就不可能保证被连接件在工作时的可靠性和正确性。

3. 螺纹连接的防松措施

一般的螺纹连接都具有自锁性，在受静载荷和工作温度变化不大时，不会自行松脱，但在冲击、振动或变载荷作用下，以及在工作温度变化很大时，这种连接有可能自松，影响工作，甚至脱落而发生事故。为了保证连接安全可靠，对螺纹连接必须采取有效的防松措施。

一般常用螺纹连接的防松措施有增大摩擦力、机械防松和不可拆等三种。

(1) 增大摩擦力的防松措施 这类防松措施是使拧紧的螺纹之间不因外载荷变化而失去压力，因而始终有摩擦阻力而防止连接松脱。但这种方法并不十分可靠，所以多用于冲击和振动不剧烈的场合。图 7-19 所示为垫片防松。增大摩擦力的防松措施见表 7-27。

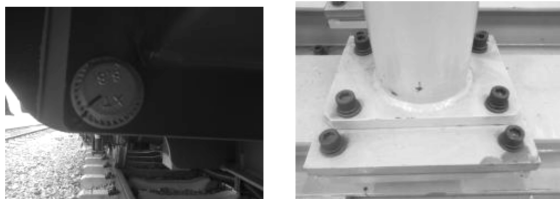
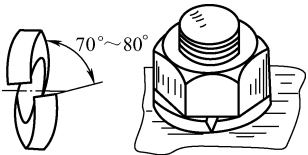
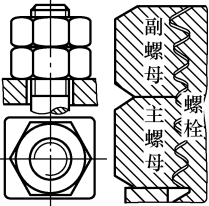


图 7-19 垫片防松

表 7-27 增大摩擦力的防松措施

类 型	图 示	说 明
弹簧垫圈		这种垫圈通常用 65Mn 钢制成，经热处理后富有弹性。螺母拧紧后，依靠垫圈压平后产生的弹力，使连接件轴向张紧，产生压力。这种压力不会随外载荷的变化而消失，所以产生的摩擦力始终存在，能防止螺母松脱。其结构简单、使用方便和防松基本可靠，所以应用较广
双螺母		在主螺母上拧紧副螺母，两螺母间产生对顶压力，使主、副螺母的螺纹与螺栓的螺纹互相压紧，防止连接自松。为此，拧紧副螺母时，必须先用扳手将主螺母固定。一般情况下，副螺母取薄型螺母

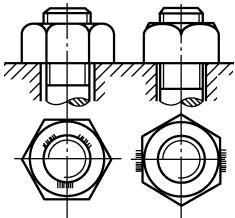
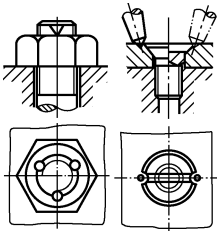
(2) 机械防松 这类防松措施是利用各种止动零件，阻止螺纹零件的相对转动来实现防松。机械防松可靠，所以应用很广。机械防松措施见表 7-28。

表 7-28 机械防松措施

类 型	图 示	说 明
开口销与槽形螺母		开口销穿过螺母上的槽和螺栓末端上的孔后，将尾端扳开，使螺母与螺栓不能相对转动，达到防松目的。这种防松措施常用于有振动的高速机械
止动垫圈		当螺母或钉头旋紧后，将止动垫圈上单耳或双耳弯折，使零件及螺母的边缘贴紧，防止螺母或钉头回松。它只能用于连接部分可容纳弯耳的地方
串连钢丝		用低碳钢丝连续穿入一组螺钉头部的专用孔（或螺栓和螺母上的），使其相互制约而防止回松

(3) 不可拆的防松措施 利用点焊、点铆等方法把螺母固定在螺栓或被连接的工件上，或者把螺钉固定在被连接的零件上，达到防松的目的。这种不可拆防松可靠，但拆卸后，连接零件不能再用，只适用于各种特殊需要的连接。不可拆的防松措施见表 7-29。

表 7-29 不可拆的防松措施

类 型	图 示	说 明
点焊		采用焊接的方式将螺母和螺栓连接在一起，来达到防松的目的
点铆		当端面点铆时，点铆中心要在螺纹内径上。当侧面点铆时，对 $d > 8\text{mm}$ 时应点铆三处； $d < 8\text{mm}$ 时点铆两处。当点铆螺杆末端时，螺杆末端需外露 $1 \sim 1.5$ 个螺距长度，待螺母旋紧后铆死

第四节 胀 接

一、胀接原理

胀接是利用管子和管板变形来达到密封和紧固的一种连接方法，它可采用机械、爆炸和液压等方法来扩胀管子直径，使管子产生塑性变形和管板孔壁产生弹性变形，并利用管板孔回弹对管子施加径向压力，使管子与管板的接头具有足够的胀接强度（拉脱力），保证接头工作时，管子不会从管板孔中被拉出来。同时，它还具有较好的密封强度（耐压力），保证接头工作压力下设备内的介质不会从接头处泄漏出来。

如图 7-20 所示的管子与管板的胀接就是利用上述原理，在风动胀管器作用下，实现管子与管板之间的连接。

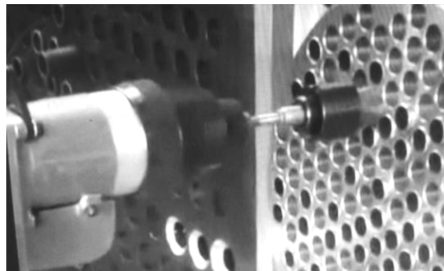


图 7-20 管子与管板的胀接

常压构件的胀接是管子和管板在压力较小的要求下的胀接。其管子和管板的连接按压力容器进行胀接，由于管壁较薄（厚度 2mm 以下），管板板料较厚，如采用焊接易使管壁烧穿，而采用胀接优于焊接。

胀接时，只须先将管子排序（编号）、清理（抛光）、管端退火、管板孔口清理（去飞边、油污、抛光），然后将管子装入管板孔内，管子的端部从管板孔伸出的长度一般不超过 10 mm，然后在管口内塞入胀管器，胀管器接上胀管机，打开压缩空气，使胀管机带动胀杆和胀子进行胀接工作。胀接一般有初胀和复胀两个过程，初胀时不宜胀得太紧，胀得过紧，复胀时会使管子胀裂，一般以管子端部与管板接触部分不松动为宜；复胀时则应胀紧，但不能使管端胀裂。管子与管板接触部分的管壁也不能胀得太薄，太薄会影响管壁强度，并缩短管子的使用寿命。胀接后要将胀接的管端逐一检查，检查有无胀裂或超薄，如有以上情况，则应该调换管子，重新胀接。胀接好以后，还要对管子伸出的超长部分进行刮平，以达到规定的长度，以免藏纳污垢，影响胀接部分的质量。

二、胀接连接形式

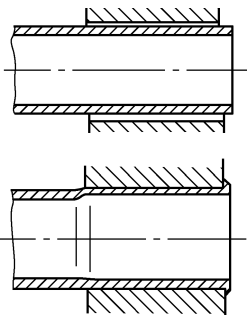
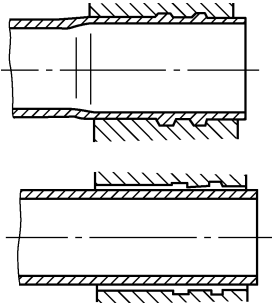
1. 常用胀接的连接形式

常用胀接的连接形式见表 7-30。

表 7-30 常用胀接的连接形式

形 式	图 示	说 明
光孔胀接		一般用于工作压力小于 0.6 MPa、温度低于 300℃、长度 20mm 的胀接
扳边胀接		胀接时，管端扳成喇叭口。扳边是为了提高接头的胀接强度，通常除了胀紧外，还进行管端扳边，形成喇叭形。经胀紧和扳边后的管子，其拉脱力为未扳边管子的 1.5 倍。扳边角度越大，强度越高，一般扳边角度取 12°~15°。但应注意扳边时，喇叭口根部应在管板孔的边缘上，甚至伸入管孔内部 1~2 mm，喇叭口根部的位置在管孔外，就起不到加强连接的作用

(续)

形 式	图 示	说 明
翻边胀接		胀接时,管端翻边采用压脚工具。把压脚装在铆钉枪上,将管端已扳边的管口翻打成半圆形。这种形式多用于火管锅炉的烟管,主要是为了防止管端被高温烟气烧坏,并减少烟气流阻力,以增加接头强度
开槽胀接		开槽胀接是用于胀接长度大于 20mm、温度低于 300℃、压力小于 3.9 MPa 的设备上,由于工作压力较高,管子的轴向拉力增大,故一方面采取加大胀接长度;另一方面在管板上开槽胀接,在胀接时能使管子金属镶嵌到槽中去,以提高接头的抗拉脱力

2. 胀接加端面焊

随着锅炉工作压力和温度的提高,单靠胀接方法不能满足要求,因此必须采取胀接后再加端面焊的方法,以提高接头的密封性能。它有以下两种形式。

(1) 光孔胀接加端面焊 如图 7-21 所示,这种方法一般用在工作压力低于 7MPa、温度低于 350℃或介质极易渗透的场合,此时胀接接头强度虽能达到,但密封性能达不到要求,因此接头端面还要增加密封焊来保证其密封性。

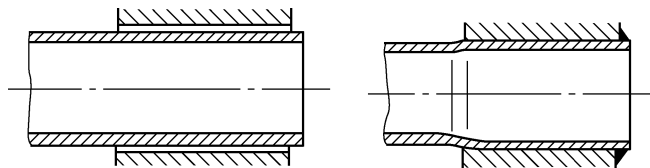


图 7-21 光孔胀接加端面焊

(2) 开槽胀接加端面焊 当温度进一步提高后,如果仍旧采用光孔加端面焊时,由于温度升到 400℃以上,会引起金属蠕变,使胀管所造成的径向压力松弛,导致胀接接头失效,所以要用开槽胀接的方法。如图 7-22 所示,在胀接时

让金属镶嵌到槽中，此时虽然高温蠕变能使胀接失效，但由于开槽的结果，镶嵌在孔中的凸缘能形成足够的抗拉脱力，再加上端面焊，则密封性能得到进一步的提高。

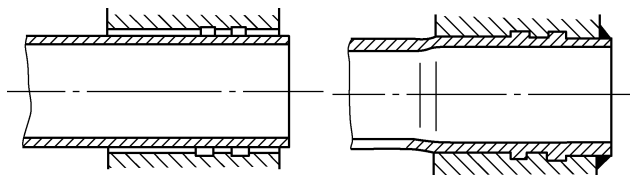


图 7-22 开槽胀接加端面焊

但在操作中是先胀后焊，还是先焊后胀？如果先胀后焊，则难免胀管用的润滑剂会进入间隙内，在焊接的高温下会产生气体，引起焊缝气孔而影响质量；如先焊后胀，胀接时是否会使焊缝开裂？实践证明，只要胀管过程控制得当，是会产生焊缝开裂的，因此一般采用先焊后胀比较好。

三、胀接工具

1. 手提式胀管机

手提式胀管机是机械胀管时的主要动力工具，如图 7-23 所示。手提式胀管机工作时，压缩空气经起动把（正转或反转）的控制后进入叶片式转子发动机，使它产生高速旋转，经过二级齿轮减速装置带动主轴的钻头进行胀接工作。由于手提式胀管机产生的推动力大，而且还可以借助十字柄，使胀管器产生进给推力。手提式胀管机胀管时，只需接上硬胶皮管，另一端接上胀管器，插入管内启动压缩空气，即可进行胀管。胀管器正转是将管子和管板向胀紧方向推进，反转是将胀管器从已胀好管内退出。

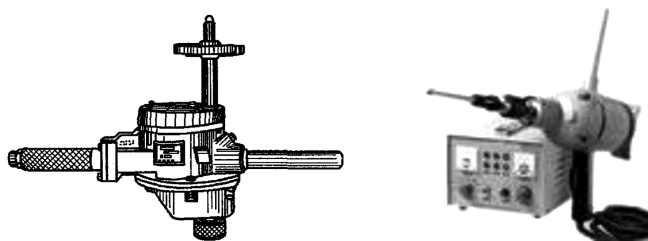


图 7-23 手提式胀管机

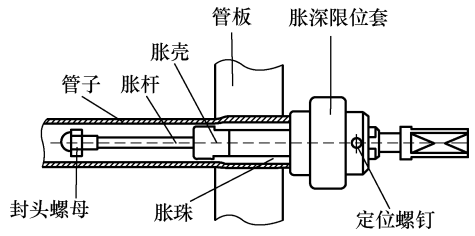
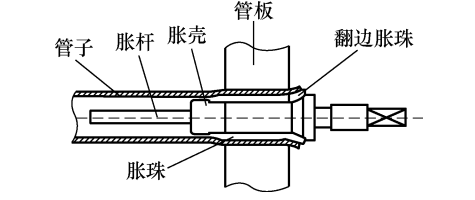
2. 胀管器

胀管器的类型很多，有螺旋式胀管器、前进式胀管器，还有自动式胀管器和自动停止式胀管器等。由于各类胀管器的结构不同，因此使用方法与特点也不

同，最常用的为前进式胀管器和后退式胀管器两类。

(1) 前进式胀管器 这种胀管器有两类（见表 7-31）：一种是无扳边功能的胀管器，称为前进式胀管器；另一种是既能胀管还能进行扳边的胀管器，称为前进式扳边胀管器，它们主要有一个胀壳、一根胀杆和三个或三个以上的胀子组成，在前进式扳边胀管器中，还多了一个扳边滚子。

表 7-31 前进式胀管器分类

形 式	图 示	工作原理图
前进式胀管器		
前进式扳边胀管器		

前进式胀管器的胀杆和胀子都是圆锥形的，但它们的锥度不同，胀杆的锥度是胀子锥度的两倍，这样配合的外侧面正好为圆柱形。图 7-24 所示为胀管器的变化。

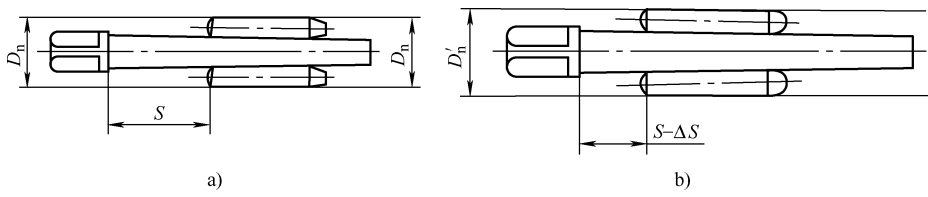


图 7-24 胀管器的变化
a) 进给前的组合 b) 进给后的变化

用前进式胀管器胀管时，将胀管器伸入管内。然后推进胀杆，使胀杆、胀子、管子内壁都互相贴紧，并连接动力装置带动胀杆，作顺时针方向旋转，则胀子作反方向转动。在管子内壁进行辗压，使管壁金属延伸，管径增大，直到胀紧为止。前进式胀管器工作时，胀杆处于受压状态，过载时易于折断。

(2) 后退式胀管器 后退式胀管器的类型较多,图 7-25 所示为较实用的后退式胀管器。

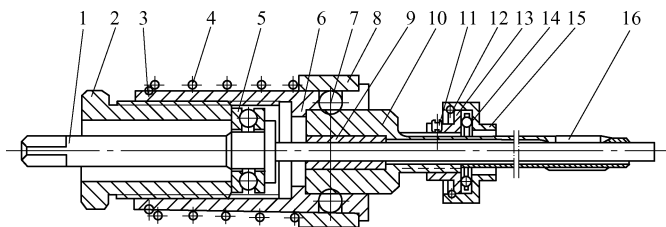


图 7-25 后退式胀管器结构

- 1—胀杆 2—定位螺母 3—止推弹簧圈 4—弹簧 5—轴承 6—接套管 7—钢球
8—外套壳 9—定位圈 10—胀壳 11—螺钉 12—弹簧圈
13—定位盖 14—轴承 15—轴承外壳 16—胀子

后退式胀管器由胀杆 1 和定位圈 9、胀壳 10、螺钉 11、弹簧圈 12、定位盖 13、轴承 14、轴承外壳 15、胀子 16 等部件组成。胀接分两次进行,首先将外套壳 8 向左推动,使钢球 7 让开,则接套管 6 和胀壳 10 可以分开,然后将胀子部分送到胀接长度末端,开始按顺时针方向转动胀杆 1,使该部分管子胀紧,并达到应有的胀接率。再将定位螺母 2、止推弹簧圈 3、弹簧 4、轴承 5、接套管 6、钢球 7、外套壳 8 装在胀管器上,转动定位螺母 2,将轴承 5 推向胀杆 1,胀杆 1 被定位螺母 2 顶住,所以胀子始终保持原来的胀接率,胀管器逐步由内向外退出(退出原理和前进式胀管器向前进给的原理相同,但方向相反),这样沿途将管子胀紧。所以定位螺母 2 除能定位外,还能调节胀接率。当定位用的螺钉 11 旋松后,定位盖 13 与胀壳 10 配合的螺纹可旋转,旋紧螺钉 11 则可限位。

由于后退式胀管器将前进式胀管器胀杆的受压状态改变为受拉状态。因此,在管子直径小、胀接长度长的条件下,后退式胀管器的胀杆也能避免因工作转矩大而发生折断的现象,延长了胀管器的使用寿命。后退式胀管器工作时,由管内向管口方向进行,管子受到胀子碾压,伸长量向管板外侧延伸,不会将管板向外顶出,从而保证了装配质量。

四、胀接连接工艺

1. 胀接前的准备

清理管孔上的尘土、水分、油污及锈蚀等,另外,管孔边缘的锐边和飞边也应刮出。管子经修磨后,尺寸应在允许偏差范围内。对清理的管子和管孔进行尺寸测量,将个别尺寸偏大或偏小的进行编号、分类,以便于选配。经选配后,便能得到比较合理的间隙,因而保证了胀接的质量。

2. 管子初胀

在胀接过程中，有时不能做到一次全部胀好，所以一般要分两次进行，先初胀后复胀。管子初胀时，将清理好的管子伸入管孔内，将胀管器涂好润滑脂或机油，放入管内进行胀管，当管子不再在管孔内晃动后，用小锤击打，若不出现重响时，证明管子与管孔壁贴紧无间隙，然后再适当胀大 0.2 ~ 0.3 mm，这样就达到了初胀的要求。

3. 复胀和扳边

管子经初胀后，各处尺寸基本固定，然后进行复胀。初胀结束后，仍需防止接合面再次被氧化的可能性，故初胀与复胀的间隔时间也应尽可能缩短。

复胀时将已经初胀的管接头再次进行胀紧，达到规定的胀接率。若管端还需扳边时，可采用前进式扳边胀管器进行。这样使胀紧和扳边工作同时完成，将管端扩成需要的喇叭形。

4. 胀紧程度的控制

胀紧程度应控制在一定的范围内，膨胀量不足和过胀都会影响接头的强度及密封性。在实际生产中，可凭手臂感觉的力量，或者听胀管器发出的声响，以及观察管子变形程度确定是否达到要求。另外，通过观察板孔周围氧化层裂纹的剥落现象，可以判断胀紧程度是否达到要求，所以操作时一定要多观察，积累经验。

五、胀接缺陷分析和补救方法

1. 胀接缺陷分析

常见胀接缺陷见表 7-32。

表 7-32 常见胀接缺陷

缺 陷	原 因
接头松动	1) 接头不严，接头未胀牢 2) 胀管过早停止胀接 3) 胀管器的装配距离不当，比所需要的距离小 4) 胀子的圆锥度与胀杆的锥度不相配
接头胀偏	由于管子与管孔间隙太大，或胀管器轴向运动与管子轴偏心，而造成接头胀偏
转变剧烈	管子在过渡区转变太剧烈，其原因是胀子的结构设计不合理，过渡段部分不正确
过胀	管端伸出量太长，在管板孔端面的一圈有明显的鼓起现象，管子下端（过渡区）鼓出太大，管子内壁起波纹，这些现象都说明管子过分地胀长
管端粗糙、起皮或有压痕	胀管后，管端内表面粗糙、起皮，有夹层或压痕等现象，原因是胀管表面有裂痕或凹陷

(续)

缺 陷	原 因
喇叭口边缘产生 裂纹或断裂	1) 管端未经退火或退火不良 2) 管子原材料存在隐性缺陷 3) 管端伸出量太长或扩张量太大等

2. 胀接缺陷的补救方法

当管子扩张量不够时，可以进行重胀（即补胀），如果经过三次补胀还达不到严寒的要求时，就不能再继续补胀，即使再胀也不能奏效，因为管孔金属经过不止一次的扩张变形，表面已经产生冷加工硬化而丧失弹性。补救的方法是将管子抽出检查，如果还可以使用，则必须对管端进行低温退火，然后再使用，同时对管孔采用扩孔或镗孔的方法去掉硬化层。

对于有缺陷管子的处理，同样应按制造技术的要求，将管端割掉一段，重新更换一段新管，并经过低温退火。对镗孔后扩大的管孔，应将管子端部用锥杆扩大。

第八章

冷作钣金矫正

第一节 手工矫正

手工矫正是使用大锤、锤子、扳手、台虎钳等简单工具，通过锤击、拍打、扳扭等手工操作，矫正小尺寸钢材或工件的变形。

手工矫正一般在常温下进行，在矫正中尽可能减少不必要的锤击和变形，防止钢材产生加工硬化。对于强度较高的钢材，可将钢材加热至 $750 \sim 1000^{\circ}\text{C}$ 的高温，以降低其强度、提高塑性，减小变形抗力，提高矫正效率。

工件出现较复杂的变形时，其矫正的步骤为：先矫正扭曲，后矫正弯曲，再矫正不平。如果被矫正钢材表面不允许有损伤，矫正时应用衬板或用型锤衬垫。

一、反向变形法矫正

反向变形法是当钢材产生扭曲变形时，可对扭曲部分施加反扭矩，使其产生反向扭曲，从而消除变形。由于钢板在塑性变形的同时，还存在弹性变形，当外力消除后会产生回弹，因此为获得较好的矫正效果，反向弯曲矫正时应适当过量。

1. 扁钢扭曲的矫正

图 8-1 所示为扁钢的矫正。

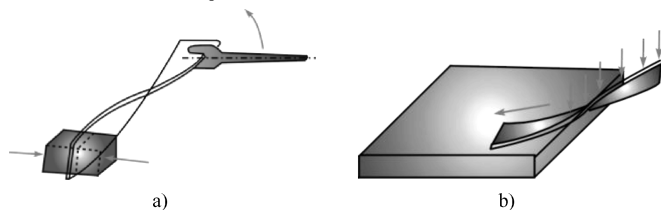


图 8-1 扁钢的矫正

a) 夹持在台虎钳上反向扭转 b) 扭转后锤击矫正

- 1) 将扁钢夹持在台虎钳上。
- 2) 用呆扳手夹住扁钢的另一端，用力往扁钢扭曲的反方向扭转。
- 3) 扭曲变形基本消除后，采用锤击法将其矫正。
- 4) 锤击时，将扁钢斜置，平整部分搁置在平台上，扭转翘曲的部分伸出在平台外。
- 5) 用锤子敲击稍离平台外向上翘曲的部分，敲击点离平台的距离约为板料厚度的 2 倍，边敲击边将扁钢向平台内移动。
- 6) 翻转 180°再进行同样的敲击，直到矫正为止。

2. 角钢的变形矫正

角钢的变形分为外弯、内弯和扭曲变形三种，如图 8-2a 所示。

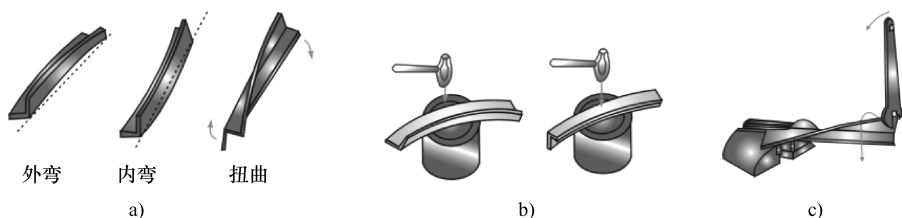


图 8-2 角钢的矫正

a) 角钢的变形 b) 角钢弯曲的矫正 c) 角钢扭曲的矫正

(1) 弯曲变形的矫正 如图 8-2b 所示，将外弯角钢和内弯角钢放在圆筒铁砧或带孔的平台上。对外弯角钢，锤击两直角边的边缘，从边缘往里锤击；对内弯角钢，锤击两直角边的根部。

(2) 扭曲变形的矫正 如图 8-2c 所示，将扭曲角钢的一端夹紧在台虎钳上。用呆扳手夹住角钢另一端的直角边，用力使角钢沿相反的方向扭转，并稍微超过角钢的正常状态。反复几次基本消除角钢的扭曲变形。

3. 圆钢的矫正

圆钢多为弯曲变形，其矫正如图 8-3 所示，只需将圆钢放置于平台上，使凸起处向上，用适当的中间锤置于圆钢的凸起处，然后敲击中间锤的顶部进行矫正。

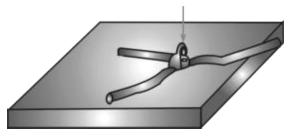


图 8-3 圆钢变形的矫正

二、锤展伸长法矫正

用锤子锤击材料的适当部位，使之局部伸长和展开，以达到矫正的目的，这种操作方法叫锤展伸长法，主要用于薄板变形以及在宽度方向弯曲的板料。薄板变形主要有中间凸起变形、边缘波浪变形和对角翘起变形三种，如图 8-4 所示。

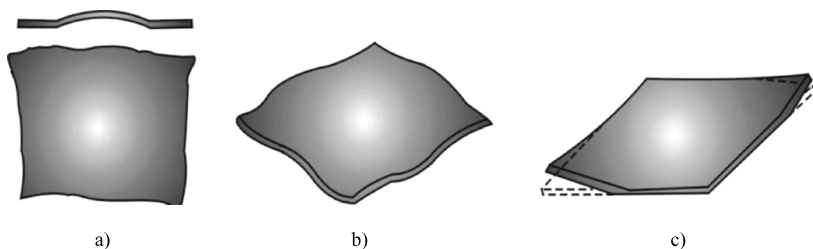


图 8-4 薄板的矫正

a) 中间凸起变形 b) 边缘波浪变形 c) 对角翘起变形

1. 中间凸起变形矫正

变形是由于中间材料变薄而鼓起引起的。矫正方法是：

1) 将板料凸面向上放在平台上，左手按住板料，右手握锤。

2) 敲击应由板料四周边缘开始，逐渐向凸鼓面中心靠拢，如图 8-5 所示。

3) 板料基本矫正后，再用木锤进行一次调整性敲击，以使整个组织舒展均匀。

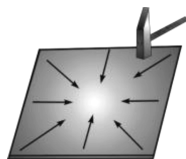


图 8-5 中间凸起锤击矫正

2. 边缘波浪变形矫正

变形是由于四周材料变薄而引起的。矫正方法是：

1) 将边缘呈波浪形板料放在平台上，左手按住板料，右手握锤。

2) 敲击由板料中间开始，逐渐向四周扩散，如图 8-6 所示。

3) 板料基本矫正后，再用木锤进行一次调整性敲击，以使整个组织舒展均匀。

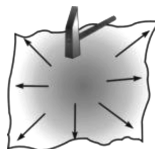


图 8-6 边缘波浪形锤击矫正

3. 对角翘起变形矫正

变形是翘起的两对角材料变薄而伸展所致。矫正方法是：

1) 将翘曲板料放在平台上，左手按住板料，右手握锤。

2) 先沿着没有翘曲的对角线开始敲击，依次向两侧伸展，使其延伸而矫正，如图 8-7 所示。

3) 板料基本矫正后，再用木锤进行一次调整性敲击，以使整个组织舒展均匀。

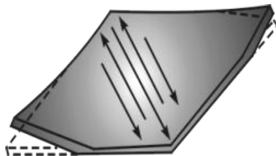


图 8-7 对角翘曲锤击矫正

4. 板料的拍打矫正

用拍板（甩铁）在板料上拍打，使板料凸起部分受压变短，同时张紧部分受压伸长，从而达到矫正的目的，如图 8-8 所示。

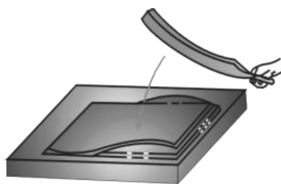


图 8-8 板料的拍打矫正

三、矩形框的矫正

1. 双边弯曲变形矫正

如图 8-9 所示，当框架 AD 与 BC 边出现双边弯曲现象时，可将框架立于平台上，外弯边 AD 朝上， BC 边两端垫上垫板，锤击凸起点 E ，如果四边都略有弯曲，可分别向外或向内锤击凸起处。

2. 对角线变形矫正

如图 8-10 所示，当尺寸误差不太大时，可将框架竖起来，锤击较长一边的端头，使其总长缩短。如 $\angle B$ 和 $\angle D$ 小于 90° ，可以锤击 B 点使其扩展。

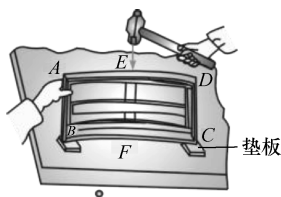


图 8-9 双边弯曲变形矫正

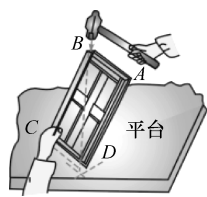


图 8-10 对角线变形矫正

第二节 机械矫正

机械矫正是用通用或专用设备，对变形钢材施加外力，使其纤维长度趋于一致，从而消除钢材变形的办法。机械矫正效率高，劳动强度低，矫正质量好。矫正设备有专用设备和通用设备两种。专用设备有钢板矫正机，圆钢、钢管矫正机和多辊型钢矫正机等；通用设备是指一般的压力机。采用卷板机也可矫正弯曲变形的钢板。

一、滚板机矫正

板材的机械矫正是在滚板机上进行的。常用的是两排轴辊的，按两排轴辊的轴线平面位置，可分为平行式和不平行式两种，见表 8-1。

表 8-1 滚板机的分类

轴 线 位 置	图 示	适 用 范 围
平行式		用于板材弯曲机波浪变形的矫正
不平行式		

轴辊按轴数的多少又分五轴辊、七轴辊等多种，轴辊的数量越多，矫正的质量越好。一般情况，矫平薄板的轴辊较多，矫平厚板的轴辊较少。其轴辊排列上排总比下排多一根，两排轴辊的距离通过机械进行调整，以便进行不同厚度的板料矫平。在上排轴辊两端是导向辊，能单独上下调节，以引导板料出、入矫正设备。

矫正时，为使材料受到足够的压力，进料口的上、下轴辊垂直间隙应略小于板料的厚度。为使板料得以平直，出料口的上、下轴辊间隙不得小于板料的厚度。

1. 滚板机工作原理

当板料进入滚板机时，即受到上、下两排交错排列的轴辊滚压，经过反复弯曲延展，材料原有的紧缩区变为松弛，而原来的松弛区虽然也得到了延伸，但比紧缩区的放松程度要少，从而调整了板料的松紧，使板料获得矫正。

2. 矫正方法

矫正板料前，应查看其变形的情况，适当调整两排轴辊间隙，空转试车正常后，即可将板料送入轴辊之间进行平直。

有的板料在滚板机上往往一次难以矫平，而要经过多次滚压。如多次滚压仍达不到矫平时，可在工件变形的紧缩区域上面放置厚度为 0.5 ~ 2mm 的软钢板条（加垫条）再滚，便可使工件的加垫处获得较大的延展。去掉垫条后，再经滚压即可矫平。

在矫平厚钢板时，也会遇到其局部严重凸起，难以直接输入滚板机进行矫

平。因此，可先用火焰对严重凸起处进行局部加热修平，待基本修平后，再用滚板机进行矫正。如果钢板平直精度要求较高，在滚板机矫正之后仍达不到目的时，应用手工进行精矫。

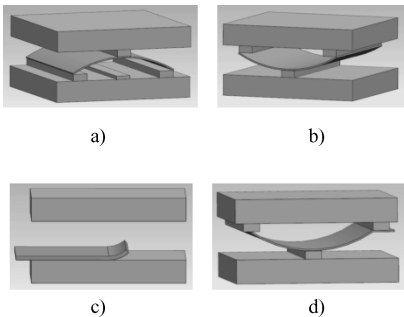
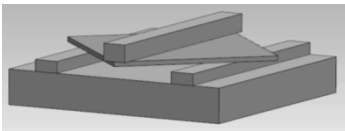
在没有薄板滚板机的情况下矫正薄板时，可在一般的滚板机上用厚钢板做衬垫，把薄板放在厚板上同时滚压，用此方法时要注意上、下两排轴辊的间隙不宜太小，以免损坏设备，并且应在薄板（工件）变形区域的紧缩部位加放垫条，以利矫平。

二、压力机矫正

对于厚板弯曲的矫正：首先找出变形部位，先矫正急弯，后矫正小弯。基本方法是在凸起处施加压力，并用厚度相同的扁钢在凹面两侧支撑工件，使工件在强力作用下发生塑性变形，以达到矫正的目的。

表 8-2 是厚板及各类型钢在压力机上矫正的方法。

表 8-2 压力机矫正方法

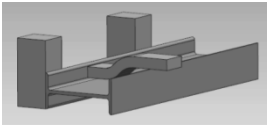
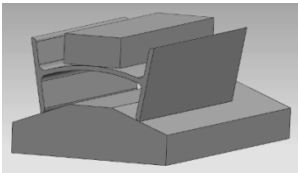
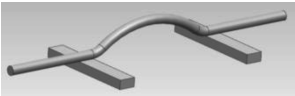
序 号	图 示	适用范围及特征
1		用压力机对厚板凸起处施加压力时，要顶过少许，使钢板略呈反变形，以备除去压力后钢板回弹。为留出回弹量，要把工件上的压铁与工件下两个支撑垫板适当摆放开一些，如图所示，当受力点下面空间高度较大时，应放上垫铁，垫铁厚度要低于支撑点的高度，如图 a、b、c、d 所示厚板出现局部弯曲的矫正方法
2		凡钢板扭曲时，其特点是一个对角附着于工作台上，而另一对角翘起，矫平时，同时垫起附着于工作台上的对角，在翘起的对角上放置压杠，操作方法与厚板弯曲的矫正方法相同。应该注意的是，摆放在工件下面的支撑垫，应与工件上面的压杠相平行，距离大小依据扭曲的程度而定，如图所示 当施加压力后，可能由于预留回弹量过大，而出现反扭曲，对此，不必翻动工件，只需将压杠、支撑垫调换位置，再用适当压力矫正。如扭曲变形不在对角线上而偏于一侧时，其矫正方法相同，但摆放压杠、支撑垫的具体位置应作相应的变动



(续)

序 号	图 示	适用范围及特征
3		矫正槽钢对角上翘时, 应将接触平台的对角垫起, 在向上翘的对角放置一根有足够刚性的压铁, 再将机械压力施加在压铁中心位置上, 使工件略呈反向翘曲, 如图所示。除去压力后, 工件会有回弹, 回弹量与反翘量相抵消, 便可使槽钢获得矫正。回弹量的大小要根据具体情况和实践经验来确定
4		矫正立弯时, 将槽钢凸起处置于压力机中心, 在平台与工件之间的凹处两侧放置垫铁, 在工件受压处的槽内放置相应的规铁, 摆稳之后, 在工件的凸起处施加压力, 并使其略呈反变形如图所示, 除去压力后反变形被回弹, 从而得到矫正
5		槽钢两翼板旁弯引起腹板随之向里 (或向外) 的弯曲。具体矫正方法如图所示, 两种方法均应留出回弹量
6		用压力机配合规铁等工具来矫正角钢, 其操作方法和注意事项如下: 预制的垫铁和规铁, 应符合角钢断面内部形状和尺寸要求, 以防止工件在受压时歪倒或压力去除后的回弹, 如图所示, 操作时, 要根据工件变形的情况调整垫铁和规铁的位置
7		矫正角钢的两面的垂直度时, 常采用如图所示的方法
8		工字钢大面 (或小面) 弯曲的压力机矫正的矫正方法与槽钢矫正方法相同, 如图所示

(续)

序 号	图 示	适用范围及特征
9		工字钢翼板倾斜时可采用如图所示的方法进行矫正。如果变形严重而不适合冷矫正时,可在翼板和腹板相连的变形处用火焰加热,再施加机械压力矫正
10		工字钢由于腹板弯曲而引起两翼板的不平行,矫正方法如图所示,图中垫铁的高度要大于翼板宽度的一半,宽度约为腹板高度的2/3,由于腹板厚度较薄,因此压力要适当,待其弯曲消除后,两翼板随之平行且垂直于腹板
11		较大直径圆钢、钢管的弯曲矫正

第三节 火焰矫正

一、火焰矫正的原理

火焰矫正就是用氧-乙炔火焰或其他气体火焰,对钢材实行局部加热,利用钢材局部加热后的收缩所引起新的变形去矫正各种已经产生的变形。火焰矫正的实质是使较长的纤维缩短,从而达到矫正的目的。图 8-11 所示为钢板和角钢在加热过程中的变形情况,图中的三角形为加热区域。

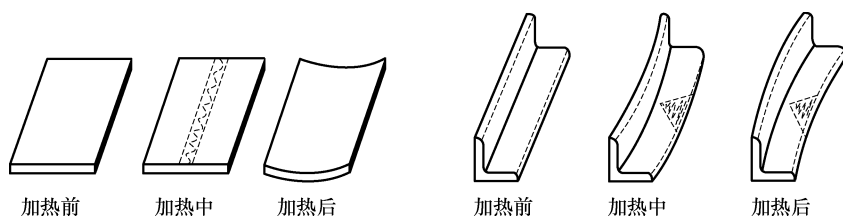


图 8-11 钢板和角钢在加热过程中的变形

低碳钢和普通低合金钢火焰矫正时的温度,常在 $600 \sim 800^{\circ}\text{C}$ 之间,一般加热温度不宜超过 850°C ,以免金属过热影响机械性能。实践中,凭钢材在加热中颜色的变化来判断温度的高低。加热过程中钢材的颜色变化所表示的温度大小见表 8-3。

表 8-3 钢材表面颜色及其相应温度（在暗处观察）

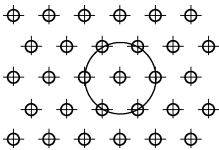
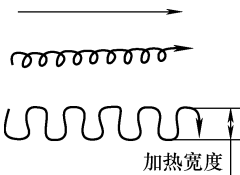
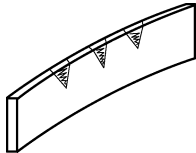
颜 色	温度 /℃	颜 色	温度 /℃
深褐红色	550 ~ 580	亮樱红色	830 ~ 900
褐红色	580 ~ 650	橘黄色	900 ~ 1050
暗樱红色	650 ~ 730	暗黄色	1050 ~ 1150
深樱红色	730 ~ 770	亮黄色	1150 ~ 1250
樱红色	770 ~ 800	白黄色	1250 ~ 1300
淡樱红色	800 ~ 830		

二、加热方式和操作方法

1. 火焰矫正的加热方式

火焰矫正的加热方式有三种：点状加热、线状加热和三角形加热，见表 8-4。

表 8-4 加热方法和适用范围

序 号	加热方式	形 状 特 征	适 用 范 围
1	点状加热		用烤枪在钢板上烤一系列的圆点，称为点状加热，根据材料的变形情况可以加热一点或多点。多点加热常采用梅花状，加热点的大小根据板厚来定，板越薄，加热点越小（但不小于 15mm）；变形量越大，加热点之间的距离越密，一般在 50 ~ 100mm 之间。点状加热矫正大多用于矫正薄板
2	线状加热		加热时火焰沿着直线方向移动，也可以同时在宽度方向作横向摆动，称为线状加热。线状加热时横向收缩大于纵向收缩，其收缩量随着加热线的宽度增加而增加，加热线的宽度一般为钢材厚度的 0.5 倍 ~ 2 倍。线状加热大多用于较厚板和变形较大的结构中
3	三角形加热		加热区域呈三角形状。三角形加热的面积较大，所以收缩量也大，由于三角形加热的高度方向和宽度方向不等，所以收缩量也不等，因此常用于调直厚度较大、刚性较大的构件弯曲变形

2. 操作方法

实际矫正工作中，常在加热后用水（水雾）急冷加热区，以加速金属的收缩，提高矫正的效率。与单纯的火焰矫正法相比，可提高功效三倍以上。使用水雾冷却，可以降低钢材表面的锈蚀程度；这种方法又称水火矫正法，如图 8-12 所示。由于水火矫正易产生较大的应力，一般用于厚度为 8mm 以下钢板的矫正。

方法是边加热边浇水，水与火的距离应随钢材厚度的增加而增加，一般不超过 30mm 为宜。对淬硬倾向较大的材料不能采用水火矫正法。

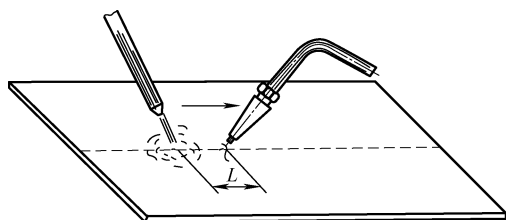


图 8-12 水火矫正操作法

(1) 薄钢板的火焰矫正 中部凸起的火焰矫正先将钢板置于平台上，用羊角卡将钢板四周压紧，然后如图 8-13a 所示，用点状加热法加热凸处周围，加热顺序如图中数字所示。如图 8-13b 所示，也可采用线状加热法，加热顺序如图中数字顺序。从中间凸出的两侧开始加热，然后逐步向凸起处靠拢，即能矫平。矫平后只要用锤子沿水平方向轻击羊角卡，便能松开取出钢板。

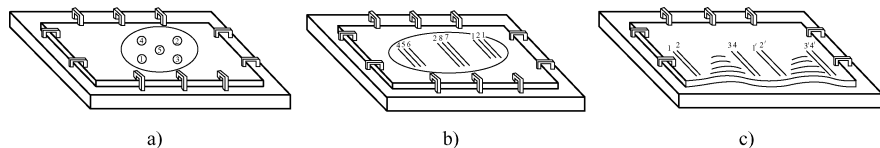


图 8-13 薄板中间凸起的火焰矫正

a) 点状加热法矫正凸起 b) 线状加热法矫正凸起 c) 线状加热法矫正波浪

薄钢板四边呈波浪形的变形，火焰矫正如图 8-13c 所示，将钢板置于平台上，用羊角卡压紧三条边，使波浪形集中在另一条边上，然后用线状加热法从凸起的两侧较平的部位开始，再向凸起处靠拢，加热次序如图 8-13c 所示。加热线长度一般为板宽的 $1/3 \sim 1/2$ ，加热线距离视凸起的高度而定，凸起越高，则变形越大，距离应越近，一般为 50 ~ 200mm 之间。如经第一次加热后仍有不平，可进行第二次加热矫正，但加热线位置应与前次错开。

(2) 厚钢板的火焰矫正 如图 8-14 所示，将钢板平放在平台上，并使凸起处朝上，在凸起的最高位置用线状加热法加热，加热温度取 500 ~ 600℃，加热深度不要超过板厚的 $1/3$ ，使厚度方向产生不均匀收缩，上部的收缩量大，下部的收缩量小，从而使钢板得到平直。如果在钢板的厚度方向上温度一致，则达不到收缩矫平的目的。所以加热时必须采用较强的火焰，以提高加热速度，缩短加热时间。如果一次加热未能矫平，可进行第二次加热，但需与前次加热线位置错开，直至矫平为止。

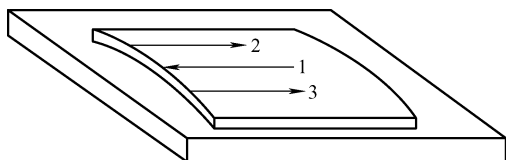


图 8-14 厚钢板的矫正

(3) 型钢的火焰矫正 型钢局部的弯曲变形, 都可采用火焰矫正。根据矫正原理, 加热位置必须取在型钢弯曲部位的凸起处, 图 8-15 列举了型钢矫正的加热位置。图 8-15a 所示为槽钢局部向上弯曲, 矫正时在槽钢的两边同时向一个方向进行线状摆动式加热, 加热宽度视变形大小而定。图 8-15b 所示为工字钢的水平弯曲, 矫正时可在工字钢上下两翼板的凸起处, 同时进行三角形加热, 使其收缩而矫直。图 8-15c 所示为丁字钢的弯曲变形, 丁字钢可看做由水平和垂直的两块钢板组合而成, 弯曲变形主要是由垂直板变形而引起水平板的变形, 因此, 只需对垂直板采用三角形加热法进行矫正。

图 8-15d 所示为钢管的弯曲变形, 采用点状加热钢管的凸起处, 加热速度要快, 每加热一点后迅速移到另一点, 一排加热后再另取一排, 使加热处金属收缩而矫直。

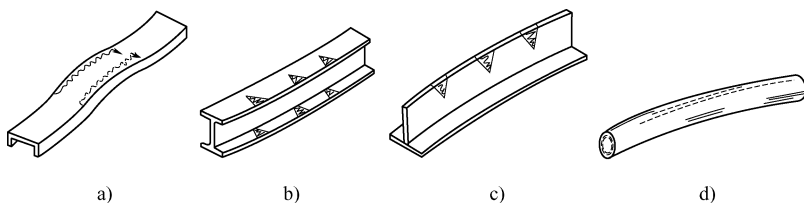


图 8-15 型钢的矫正

a) 槽钢 b) 工字钢 c) 丁字钢 d) 钢管

三、火焰矫正的注意事项以及加热位置与温度

1. 火焰矫正注意事项

- 1) 加热产生的变形应与原变形相反。
- 2) 根据变形程度的大小选择好加热区域的位置和大小。
- 3) 尽量采取一些必要的措施加速矫正进程。
- 4) 选择适当加热热量的大小。
- 5) 构件矫正要分析构件受力分布及对矫正的阻碍。

2. 火焰矫正时加热位置与温度

火焰矫正的效果取决于火焰加热的位置和火焰的热量。不同的加热位置可以矫正不同方向的变形, 加热位置应选择在金属较长的部位, 即材料弯曲部位的外侧。如果加热位置选择错误, 非但不能起到应有的矫正效果, 而且容易产生新的变形。

用不同的火焰热量加热, 可以获得不同的矫正变形的能力。若火焰的热量不足, 就会延长加热时间, 使受热范围扩大, 这样不容易矫正钢材, 所以加热速度

越快，热量越大，矫正能力也越强，矫正变形量也越大。

四、新技术

火焰矫正时，通常是用水流对工件表面进行快速冷却。随着对产品表面质量和作业环境的要求越来越高，有些企业已应用其他工艺方法进行火焰矫正。

1. 水雾冷却矫正

(1) 水雾冷却装置结构和工作原理 水雾冷却装置由冷却水箱、高压气管、水管和虹吸式水雾喷枪组成。其利用虹吸效应通过高速气流将水箱内的水吸入喷枪，最终形成水雾从枪嘴高速喷出。图 8-16 所示为水雾冷却矫正。



图 8-16 水雾冷却矫正

(2) 水雾冷却的优点

1) 节约能源。直接用水流进行冷却配合火焰矫正，给水资源造成了大量的流失和浪费；而水雾冷却是利用高压气流将水流变成水雾进行冷却，操作方便，极大地节约了水资源。

2) 提高表面质量和生产效率。水雾冷却利用高压气流和薄薄的水雾喷在产品上面，与淋水冷却相比，不仅冷却的范围更大，同时高速气流加水使工件表面散热更快，使冷却效果更佳。

3) 改善工作环境。水流冷却在加热表面被蒸发的水只是小部分，剩余的水容易积聚在产品的表面和作业场所，不仅清理麻烦，而且给行走和作业都带来不便，影响了工作环境。而且时间长后会使得积水的产品表面产生黄色的锈渍，严重影响了工件的表面质量。而水雾喷在加热的产品表面会马上就被蒸发掉，不会在产品表面和作业场所形成积水。

2. 真空吸附矫正

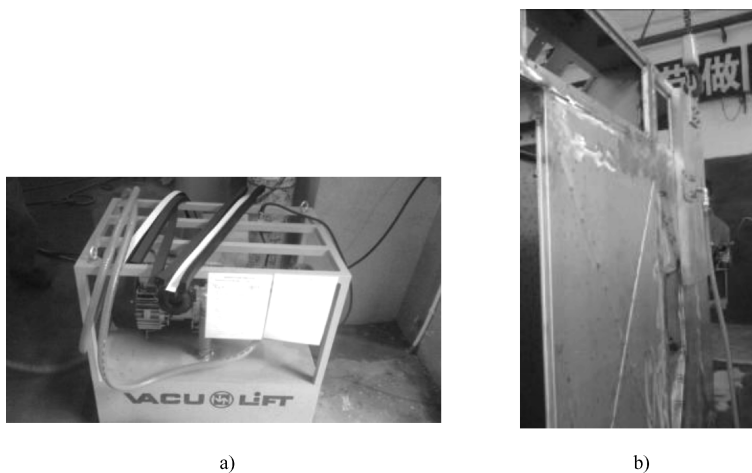
图 8-17 所示为真空吸附矫正。

(1) 真空吸附设备组成 真空吸附设备由真空泵、吸盘和连接管路三部分构成，如图 8-18 所示。真空泵的作用就是从吸盘中抽除气体分子，降低吸盘内的气体压力，使之达到要求的真空度。吸盘由定制钢板和密封圈组成，在钢板与



图 8-17 真空吸附矫正

部件接触的面加工了 X 形小槽，以利于空气排出。连接管路用于连接真空泵和吸盘。



a)

b)

图 8-18 真空吸附设备

a) 真空泵 b) 吸盘和连接管路

(2) 真空吸附矫正工作原理 当吸盘与平面工件表面接触后，真空泵会将吸盘与工件间的空气抽走，使吸盘表面与工件表面贴紧，形成一个封闭的空间，并对工件表面产生较大的吸力；此时用火焰对工件另一侧表面凸起的部位进行加热，降低工件此处的刚性，使凸起的部位在吸附力的作用下产生压缩塑性变形，并与吸盘表面贴紧，最后用高压风对加热区域进行快速冷却，从而达到矫正工件表面变形的目的。

(3) 真空吸附矫正的使用范围 真空吸附矫正主要用于矫正较大平面构件

表面的凹凸，提高工件表面的平面度，例如机车的顶盖和侧墙等产品。由于真空吸附矫正操作简单、方便快捷、效率高、矫正效果好，而且对环境和工件表面质量没有任何影响，在质量要求较高的产品中应用越来越广。

(4) 操作注意事项

1) 在操作前应将工件与吸盘接触面的较大凸起矫成凹陷（即朝加热面凸起），以避免吸盘不能与工件贴紧。

2) 加热时只能对工件表面的凸起部位进行加热，并要确定加热矫正范围，不可对吸盘密封垫处进行加热，以免密封垫受热损坏。

3) 对于较大的凸起变形，加热后可用锤击的方法施加外力，提高矫正效果。

第九章

冷作钣金质量检验

第一节 常规量具检验

一、线性尺寸的检验

1. 线性尺寸的概念

线性尺寸是指零部件上被测的点、线、面到测量基准间的距离。由于组成构件的各个零件间都有尺寸要求，因此线性尺寸测量在装配中应用最多。如图 9-1 所示，确定各管口位置的 216mm、218mm、20mm 尺寸，支撑脚间距 405mm 尺寸，罐体总长 650mm，它们都属于线性尺寸。

2. 测量基准

零部件检验时，首先要掌握各零部件之间的数值、尺寸关系和公差要求，尽量选择设计基准作为测量基准。

但在实际生产中，由于诸多因素的影响，不可能完全以设计基准为基准。当设计基准不利于测量时，就应本着测量准确、操作方便的原则，在构件上重新选择变形小、精度高、重要的装配连接表面作为测量基准。

由于构件在生产时的结构特点、技术要求、生产方式和条件各不相同，因此测量基准转换时应考虑以下问题：

1) 采用转换后的测量基准进行测量，应保证其测量的准确性，并最终符合

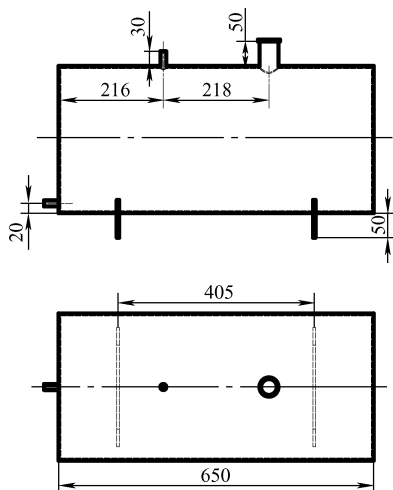


图 9-1 储水罐

技术要求。

2) 便于测量操作，误差要小。

3. 测量量具

冷作钣金产品进行线性尺寸检验的主要量具有两种：

(1) 通用量具 通用量具有直尺、卷尺、角尺、水平尺等。

(2) 专用量具 对于批量产品，使用专用量具可显著提高检验效率，如样板和样杆。在实际使用中通常两种量具配合测量。图 9-2 所示为样板检测零部件线性尺寸。



图 9-2 样板检测零部件线性尺寸

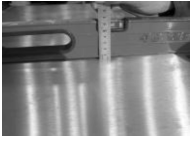
二、构件形状的检验

在实际生产中，零部件除线性尺寸需要检验，还要对其外形轮廓进行检验，如垂直度、圆度、角度、平面度、平行度、对称度等，见表 9-1。

表 9-1 常见外形检验方法

类 别	图 片	说 明
垂直度		检测矩形框四个直角，可用卷尺测量对角线，若两对角线相等，则说明四个内角均为直角，即各相邻面互相垂直
		对于长大构件，可用水平尺靠在被测表面，观察水平尺上垂直水准管内的水泡是否处于中间位置，如处于中间位置则说明此面垂直

(续)

类 别	图 片	说 明
圆度		通常利用弧度样板分段检测，弧度样板分内样板和外样板，测量时将弧度样板垂直卡在壁面，观察它们之间的间隙，如完全贴合则说明轮廓合格。每一段都要与前面测量的弧度重合 1/3，以保证测量的准确性
角度		通常利用角度样板测量零件的角度，测量时，将样板卡在形成夹角的两侧面之间，并使样板与两侧面同时垂直，再观察样板两边是否与两侧面贴合，若贴合则说明装配角度正确
平面度		可将水平尺放置在平面上，用直尺或塞尺测量间隙尺寸，一般要进行成对角线的两个方向测量

第二节 无损探伤检验

一、渗透探伤

1. 工作原理和适用范围

当被检工件表面涂覆了带有颜色或荧光物质且具有高度渗透能力的渗透液时，在液体对固体表面的湿润作用和毛细管作用下，渗透液渗透入工件表面开口缺陷中，然后，将工件表面多余的渗透液清洗干净，注意保留渗透到缺陷中的渗透液，再在工件表面涂上一层显像剂，将缺陷中的渗透液在毛细作用下重新吸附到工件表面，从而形成缺陷的痕迹，通过直接目视或特殊灯具，观察缺陷痕迹颜色或荧光图像对缺陷性质进行评定，这就是渗透探伤的基本原理。

渗透探伤操作简单，不需要复杂设备，费用低廉，缺陷显示直观，具有相当高的灵敏度，能发现宽度 1μm 以下的缺陷。它能检查出裂纹、冷隔、夹杂、疏松、折叠、气孔等缺陷，但对于结构疏松的粉末冶金零件及其他多孔性材料不适用。

2. 渗透探伤的优点和缺点

渗透探伤的优缺点，见表 9-2。

表 9-2 渗透探伤的优点和缺点

优点	1) 可以检查各种表面缺陷 2) 可以检查黑色金属及有色金属的铸件、焊接件及锻件等，也可以检查陶瓷、塑料及玻璃制品 3) 不受材料的组织结构和化学成分的限制 4) 不受缺陷形状和尺寸的影响 5) 检测成本低，操作简单方便
缺点	1) 当工件表面太粗糙时易造成假象，降低检测效果 2) 不适用于检查粉末冶金材料和其他多孔性材料

3. 渗透探伤的分类

渗透探伤的分类见表 9-3。

表 9-3 渗透探伤的分类

根据染料种类	1) 着色探伤法：渗透剂中含有着色染料，在白光下观察 2) 荧光探伤法：渗透剂中含有荧光染料，在紫外灯下观察
根据清洗方式	1) 水洗型渗透探伤法：直接用水清洗 2) 后乳化型渗透探伤法：经乳化工序后再用水清洗 3) 溶剂清洗型渗透探伤法：直接用有机溶剂清洗
根据显像方式	1) 干式显像：白色显像粉施加在干燥后的工件表面上 2) 速干式显像：将白色显像粉与易挥发的有机溶剂配成显像液 3) 湿式显像：将白色显像粉与水配成显像液，干燥后显像 4) 自显像：不用显像剂显像
根据缺陷是否穿透	1) 表面探伤法：主要检测表面缺陷 2) 检漏法：主要检测穿透性缺陷

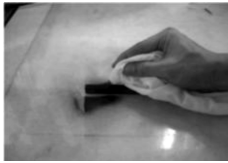
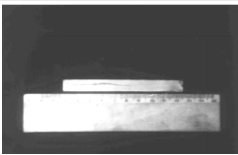
4. 操作步骤

下面以常用的渗透探伤法介绍操作过程，见表 9-4。

表 9-4 渗透探伤的操作步骤

流 程	图 示	操 作 方 法
预处理		将清洗剂喷在工件表面，用干净的白布擦拭，去除零件表面的油脂、铁屑、铁锈、氧化皮等。经预清洗后残余的溶剂、清洗剂和水分应充分干燥，并尽快进行下一步操作
渗透		将渗透液覆盖在被测零件的表面，渗透时间为 10 ~ 15min。渗透过程中要始终保证工件表面呈湿润状

(续)

流 程	图 示	操 作 方 法
去 除		在涂覆渗透剂并保持适当的时间后，用清洗剂和干净的白布从零件表面去除多余的渗透剂。喷嘴距离工件表面不小于 300mm，避免将已渗入缺陷中的渗透剂清洗出来，以保证取得最高的检验灵敏度
显 像		等零件表面的水分自然干燥后，将罐内显像剂摇动均匀，均匀喷涂在工件表面，要一次涂覆完毕，不允许反复涂覆
观察记录		观察时无论是自然采光还是人工照明，探伤区域的光照度不得低于 350lx。要在显像后 15min 内记录缺陷形状和尺寸，在有条件时用照相的方法记录亦可
擦伤后处理		检测完毕可用清水或专用清洗剂对工件进行后清洗，以去除影响产品外表面美观或对材料有害的残留物

二、磁粉探伤

1. 工作原理

图 9-3 所示为磁粉探伤工作原理。工件表面无缺陷时，工件被磁化后，磁力线均匀分布于工件中，几乎没有磁力线穿出和进入工件。因此不会形成 S、N 极。当工件表面存在缺陷时，缺陷处空气的磁导率 μ 很小，磁阻很大，磁力线难以通过缺陷。这时磁路就会发生变化，从而使一部分磁力线被挤出工件表面后再进入工件，少部分磁力线直接通过缺陷，从而工件表面泄露出来的磁力线形成 S、N 极，即漏磁场。

缺陷处产生的漏磁场是看不见的，当铁磁性材料被磁化以后，由于缺陷处磁导率低，磁阻大，致使磁力线穿出和进入，而产生 S、N 极，形成漏磁场。当磁粉施加在工件表面时，漏磁场附近的磁粉被磁化也形成 S、N 极。这时漏磁场和

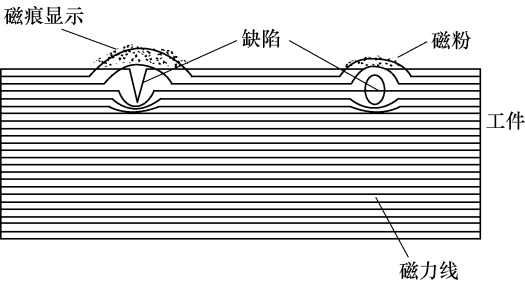


图 9-3 磁粉探伤工作原理

磁粉的磁极相互作用，于是在缺陷处形成比缺陷实际宽度大数倍至数十倍的磁痕，从而显示缺陷。

2. 适用性和局限性

由于磁粉擦伤的物理基础及原理，它只适用于检测铁磁性材料表面和近表面尺寸很小、间隙极窄（如可检测出长 0.1mm、宽为微米级的裂纹）、目视难以看出的缺陷，广泛应用于原材料、半成品、成品工件和在役的零部件检测探伤，同时也可对板材、型材、管材、棒材、焊接件、铸钢件及锻钢件进行检测。图 9-4 所示为磁粉探伤操作。



图 9-4 磁粉探伤操作

需要注意的是，不锈钢还包括铁素体不锈钢和马氏体不锈钢。铁素体不锈钢室温下基本组织是铁素体，具有强铁磁性，马氏体不锈钢室温下基本组织为马氏体与铁素体，也具有较强的铁磁性，因此它们都可以采用磁粉探伤，可以发现其中的裂纹、夹杂、发纹、白点、折叠、冷隔和疏松等缺陷。

磁粉探伤不能检测奥氏体不锈钢和用奥氏体不锈钢焊条焊接的焊缝，也不能检测铜、铝、镁、钛等非磁性材料。对于表面浅的划伤、埋藏较深的孔洞和与工件表面夹角小于 20° 的分层和折叠也难以发现。

3. 磁粉探伤机和磁粉

(1) 磁粉探伤机 磁粉探伤机可分为固定式、移动式和便携式。其中，便携式探伤机又可分为电磁轭型、交叉磁轭型、永久磁轭型和支杆型。图 9-5 所示为两种磁粉探伤机。



图 9-5 磁粉探伤机

a) 便携式 b) 固定式

(2) 磁粉 常用的磁粉有黑色、红色和白色，有时为使缺陷更加明显，可用荧光磁粉在紫外线下照射观察。图 9-6 所示为磁痕显示图。



图 9-6 磁痕显示图

4. 操作方法分类

磁粉探伤的操作方法根据施加磁场和磁粉的方法可分：连续法，即在磁化的同时，施加磁粉或磁悬液；剩磁法，即停止磁化后，施加磁粉或磁悬液；干法，以空气为载体用干磁粉进行探伤；湿法，将磁粉悬浮在载液中进行磁粉探伤。磁粉探伤操作方法分类见表 9-5。

表 9-5 磁粉探伤操作方法分类

操作方法	适用范围	操作要点
连续法	形状复杂的工件；剩磁或矫顽力较低的工件；检测灵敏度要求较高的工件；表面覆盖层无法除掉（涂层厚度均匀不超过 0.5mm）的工件	先用磁悬液润湿工件表面；磁化过程中施加磁悬液，磁化时间 1 ~ 3s；磁化停止前完成施加操作并形成磁痕，时间至少为 1s；至少反复磁化两次
剩磁法	矫顽力在 1000A/m 以上，并保持剩磁在 0.8T 以上的工件，如经过热处理的高碳钢和合金结构钢；低碳钢、处于退火状态或热变形后的钢材都不能采用剩磁法；成批的中小型零件进行磁粉检测时，因工件几何形状限制，连续法难以检验的部位	磁化结束后施加磁悬液；磁化后检验完成前，任何磁性物体不得接触被检工件；磁化时间一般控制在 0.25 ~ 1s；浇磁悬液 2 ~ 3 遍，或浸入磁悬液中 10 ~ 20s，保证充分润湿；交流磁化时，必须配备断电相位控制器
干法	粗糙表面的工件；灵敏度要求不高的工件	工件表面和磁粉均完全干燥；工件磁化后施加磁粉，并在观察和分析磁痕后再撤去磁场；磁痕的观察、磁粉的施加、多余磁粉的除去同时进行；干磁粉要薄而均匀覆盖工件表面；多余磁粉的除去应有顺序地向一个方向吹除。不适于剩磁法
湿法	连续法和剩磁法；灵敏度要求较高的工件，如特种设备的焊缝、表面微小缺陷的检测	磁化前，确认整个检测表面被磁悬液润湿；用喷、浇、浸等方法施加磁粉；检测面上的磁悬液的流速不能过快；水悬液时，应进行水断试验

5. 操作步骤

磁粉探伤操作过程一般分为 7 个步骤。

1) 探伤前的准备。校验探伤设备的灵敏度，除去被探件表面的油污、铁锈、氧化皮等。

2) 喷洒磁粉或磁悬液。采用干法检验时，应使干磁粉喷成雾状，如图 9-7 所示；湿法检验时，磁悬液经过充分的搅拌，然后进行喷撒，如图 9-8 所示。



图 9-7 干式磁粉



图 9-8 湿式磁粉

3) 磁化。这个步骤包括确定探伤方法、磁化方法、磁化电流种类、磁化方向、磁化电流、磁化的通电时间。探伤方法选择时，对高碳钢或经热处理的结构钢零件用剩磁法，低碳钢用连续法；电流种类选择时，一般直流电结合干磁粉、交流电结合湿磁粉效果较好；磁化方向应尽可能使磁场方向与缺陷分布方向垂直；采用连续法时，应在施加磁粉工作结束后再切断磁化电流，一般在磁悬液停止流动后必须再通几次电，每次时间为 $0.5 \sim 2s$ ，采用剩磁法时，通电时间一般为 $0.2 \sim 1s$ 。如图 9-9 所示，要根据受检面大小调整两磁轭的距离，然后将两磁轭紧按在受检面上，再按磁化电流开关以磁化试片，磁化期间可用塑胶锤轻敲试片，以利磁粉运动。



图 9-9 磁化

4) 对磁痕进行观察及评定。对钢制压力容器的磁粉探伤，必须用 $2 \sim 10$ 倍放大镜观察。用于非荧光法检验的白色光的发光强度应保证试件表面有足够的亮度。用荧光磁粉检验时，被检表面黑光的发光强度应不小于 $970lx$ 。若发现有裂纹、成排气孔或超标的线形或圆形显示，均判定为不合格。

5) 退磁。

6) 清洗、干燥、防锈。干式磁粉可经磁粉探伤器吸起，回收至磁粉罐内。

7) 结果记录，如图 9-10、图 9-11 所示。

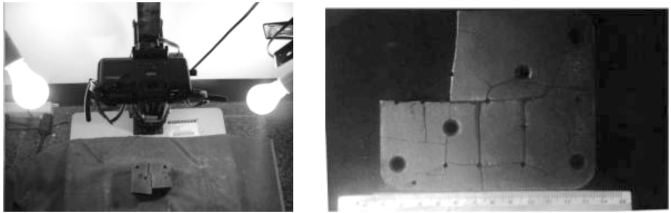


图 9-10 干式磁粉结果记录

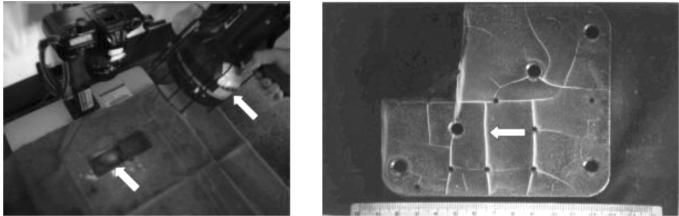


图 9-11 湿式磁粉结果记录

三、超声探伤

1. 工作原理和适用范围

超声波是频率高于 20kHz 的机械波。在超声探伤中常用的频率为 0.5 ~ 5MHz。这种机械波在材料中能以一定的速度和方向传播，遇到声阻抗不同的异质界面（如缺陷或被测物件的底面等）就会产生反射，这种反射现象可被用来进行超声波探伤。最常用的是脉冲回波探伤法，如图 9-12 所示探伤时，脉冲振荡器发出的电压加在探头上（用压电陶瓷或石英晶片制成的探测元件），探头发出的超声波脉冲通过声耦合介质（如机油或水等）进入材料并在其中传播，遇到缺陷后，部分反射能量沿原途径返回探头，探头又将其转变为电脉冲，经仪器

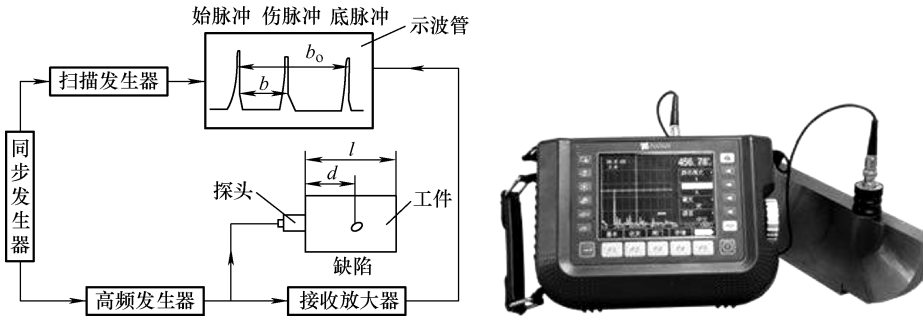


图 9-12 超声检测仪

放大而显示在示波管的荧光屏上。根据缺陷反射波在荧光屏上的位置和幅度（与参考试块中人工缺陷的反射波幅度作比较），即可测定缺陷的位置和大致尺寸。除回波法外，还有用另一探头在工件另一侧接受信号的穿透法。

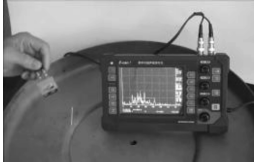
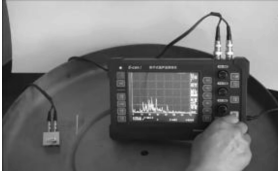
脉冲回波探伤法通常用于锻件、焊缝及铸件等的检测，可发现工件内部较小的裂纹、夹渣、缩孔、未焊透等缺陷。被探测物要求形状较简单，并且表面较为光洁。为了成批地快速检查管材、棒材、钢板等型材，可采用配备有机械传送、自动报警、标记和分选装置的超声探伤系统。除探伤外，超声波还可用于测定材料的厚度，使用较广泛的是数字式超声测厚仪，其原理与脉冲回波探伤法相同，可用来测定化工管道、船体钢板等易腐蚀物件的厚度。通过测定超声波在材料中的声速、衰减或共振频率，可测定金属材料的晶粒度、弹性模量（见拉伸试验）、硬度、内应力、钢的淬硬层深度、球墨铸铁的球化程度等。此外，穿透式超声法在检验纤维增强塑料和蜂窝结构材料方面的应用也已日益广泛。超声全息成像技术也在某些方面得到应用。

此外，超声检测还要求有一定经验的检验人员进行操作和判断检测结果。

2. 操作方法

下面以双晶爬坡探头说明探伤过程，见表 9-6。

表 9-6 超声探伤步骤

 ① 其探头有两个晶片，左边的用于接收，右边的用于发射，晶片带有斜度，超声波朝探头上箭头指向斜向发射	 ② 在操作界面选择探头形式、操作方法，并调节零点、发射脉宽、伸缩三个主要参数
 ③ 工件插有牙签位置为缺陷处，当探头处于没有缺陷位置时，显示器上看不到回波	 ④ 当探头到达缺陷附近时，由于有回波，显示器上波峰会升起，同时设备蜂鸣鸣叫

四、射线探伤

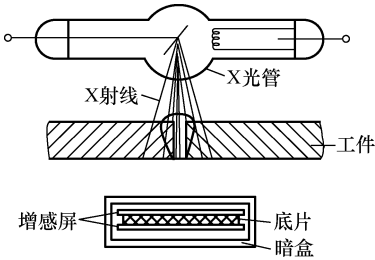
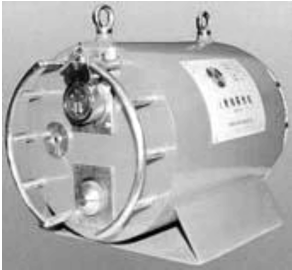
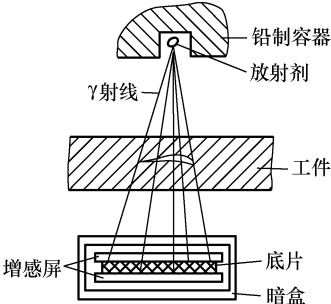
1. 工作原理

射线探伤是利用射线可以穿透物质和在物质中有衰减的特性来发现其中缺陷

的一种无损探伤方法。射线探伤由于可以探测到材料内部的不连续性，因此被广泛应用于焊缝检测。射线透过被检物体后，一部分射线将会被损耗掉。透过物体到达胶片的射线具有检测物体的密度和相对厚度的功能。若没有内部缺陷，透过物体的射线可以使胶片曝光均匀，即底片的黑度均匀。若在射线通道中存在不连续性，则对应于该处到达胶片的射线量增加，底片黑度增加。若在照射处物体的厚度增加（焊缝余高，焊瘤）或密度增大（如夹钨），则到达胶片的射线量减少，相应底片黑度减小。

射线探伤方法有照相法、透视法（荧屏显示）和工业射线电视法。目前生产中广泛应用射线照相法。按射线源分 X 射线和 γ 射线。实际应用中 X 射线用得较多。射线探伤设备见表 9-7。

表 9-7 射线探伤设备

分 类	设 备 图	检测原理图
X 射线		
γ 射线		

2. 射线探伤特点

- 1) 可直接观察零件内部缺陷的影像，对缺陷进行定性、定量和定位分析。
- 2) 探测厚度范围大，从薄钢片到厚度 500mm 以内的钢板，但薄钢片的表面缺陷（如表面发纹、疲劳裂纹等）较难探测。
- 3) 设备复杂、昂贵，检验费用高。

4) 射线对人体健康有害，其设备应加防护措施。射线探伤适用于所有的材料，可检验金属、非金属材料内部质量，探测铸件、焊接件内部的缺陷，如检测船体焊缝的质量。

3. 常用射线探伤方法和原理

常用射线探伤方法和原理见表 9-8。

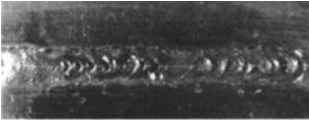
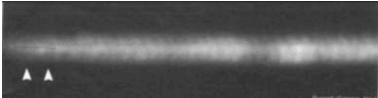
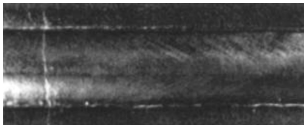
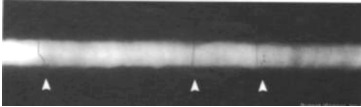
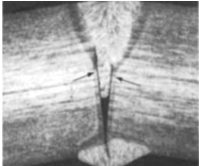
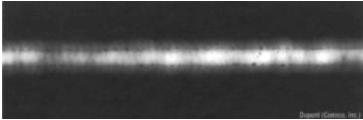
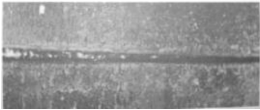
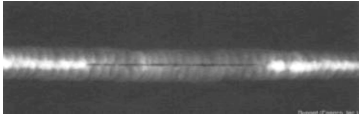
表 9-8 常用射线探伤方法和原理

方 法	原 理
射线照相法	根据被检工件与其内部缺陷介质对射线能量衰减程度的不同，使得射线透过工件后的强度不同，使缺陷能在射线底片上显示出来的方法
射线荧光屏观察法	将透过被检物体后的不同强度的射线，再投射在涂有荧光物质的荧光屏上，激发出不同强度的荧光而得到物体内部的影像的方法
射线实时成像检验	采用 X 射线源的方法，称为 X 射线实时成像检验，具有实时、高效、不用射线胶片、可记录和劳动条件好等显著优点
射线计算机断层扫描技术	计算机断层扫描技术简称 CT (Computer Tomography)，它是计算机处理后，得到物体横断面的图像的方法

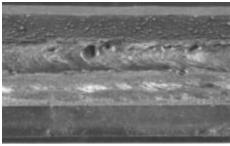
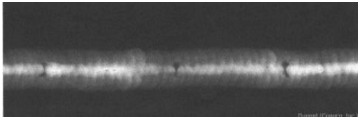
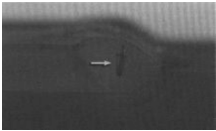
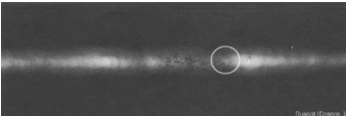
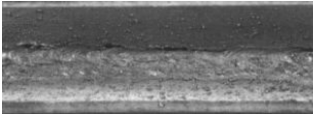
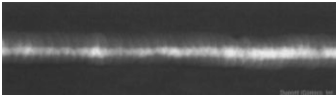
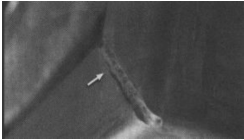
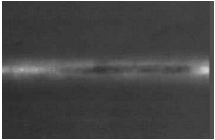
4. 常见焊接缺陷判别

常见焊接缺陷图片见表 9-9。

表 9-9 常见焊接缺陷图片

类 别	实 图	射 线 影 像
纵向裂纹		
横向裂纹		
未熔合		
未焊透		

(续)

类 别	实 图	射线影像
夹杂		
气孔		
咬边		
未焊满		

机械类

- 机械识图快速入门
- 双图解车工快速入门
- 双图解铣工快速入门
- 双图解电焊工快速入门
- 双图解气焊工快速入门
- 双图解装配钳工快速入门
- 双图解工具钳工快速入门
- 双图解机修钳工快速入门
- 双图解数控车工快速入门
- 双图解数控铣工快速入门
- 双图解加工中心操作工快速入门
- 图解模具工快速入门
- 图解钣金工快速入门
- 双图解涂装工快速入门
- 双图解起重工快速入门
- 图解叉车工快速入门

电类

- 图解维修电工快速入门
- 图解万用表使用快速入门
- 双图解小家电维修快速入门
- 图解电子电路识图快速入门
- 图解电子测量仪器使用快速入门
- 图解电子元器件识读与检测快速入门

汽车类

- 图解汽车修理快速入门
- 图解汽车底盘维修快速入门
- 图解汽车维修电工快速入门
- 图解汽车发动机维修快速入门
- 图解汽车车身修复与涂装快速入门



机械工业出版社微信服务号



地址：北京市百万庄大街22号

邮政编码：100037

电话服务

服务咨询热线：010-88361066

读者购书热线：010-68326294

010-88379203

网络服务

机工官网：www.cmpbook.com

机工官博：weibo.com/cmp1952

金书网：www.golden-book.com

教育服务网：www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

○ ISBN 978-7-111-47945-1

○ 策划编辑：侯宪国

上架指导：工业技术 / 机械工程 / 机械加工

ISBN 978-7-111-47945-1



9 787111 479451 >

定价：35.00元